

Rapport d'application

Seize mois de missions avec l'ORSTOM.

La monoculture comme principale ressource. & Une source de nombreuses difficultés.

(Le riz irrigué dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal)



SOMMAIRE

Résumé	
- Mots clés	p 1-2
Avant Propos	p 3
Introduction générale	p 4
I - Les termes de la mission.	
Résumé	p 5
I-1 Un statut fluctuant et incertain.	p 6
I-2 Un employeur pluridisciplinaire et rigoureux.	
<i>L'ORSTOM en général.</i>	p 7
<i>L'ORSTOM au Sénégal.</i>	p 8
<i>plaquette de présentation.</i>	
I-3 Un pays aux multiples facettes : le Sénégal.	p 9
I-4 Un programme pluridisciplinaire sur l'agriculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal:	
<i>I - 41 Un contexte marqué par les difficultés occasionnées par une grande sécheresse.</i>	p 10-12
<i>I - 42 Le programme.</i>	
<i>I - 43 Projection dans le projet.</i>	
<i>I - 44 Mon rôle et mes fonctions dans le cadre du programme.</i>	
<i>I - 45 des moyens à la hauteur des ambitions.</i>	
II - Le programme dans son environnement.	
Résumé	p 13
II-1 Un environnement socio-économique dépendant de la culture irriguée.	p 14
II-2 Un programme recentré, plus près des problèmes du "terrain".	
<i>II - 21 Sur le plan agronomique.</i>	p 16
<i>II - 22 Du point de vue pédologique.</i>	
<i>II - 23 Les "enjeux" du programme.</i>	
Une implication à différents niveaux.	p 17 - 18
Article d'ORSTOM actualité.	

III - Synthèse des activités.

III - 1 Prise de connaissance et insertion dans le milieu. p 19 - 25

III - 11 Première phase.

III - 12 Deuxième phase : démarche.

III - 2 Le dispositif de recherche. p 25 - 33

III - 21 Etude de cas.

III - 22 Conduite et mise en place de deux parcelles expérimentales.

Une progression raisonnée des dispositifs de terrain en fonction des premiers résultats. p 34

Un financement complémentaire accordé par le F.E.D. . p 35

III - 23 Enquête sur la chute des rendements. p 36 - 38

D'autres activités multiples. p 39

Des travaux enrichissant mais pas exempt de difficultés. p 40

IV - Des études toujours en progression mais des résultats déjà significatifs.

IV - Les progressions dans le domaine agronomique. p 41

IV - 11 Résultats des tests sur la fumure phosphoré.

IV - 12 La conduite de parcelles expérimentale et le suivi des agriculteurs. p 42

IV - 2 Une enquête aux résultats confirmant les inquiétudes des paysans et interrogative pour les dirigeants. p 44

IV - 21 Un encadrement aux lourdes responsabilités.

Une période de libéralisation et de dévaluation critique. p 46

IV - 3 Les avancées dans les domaines hydriques et pédologiques. p 47

IV - 31 Bilan hydrique, une concentration de l'eau inquiétante.

De grandes interrogations sur l'appropriation de l'information par les paysans. p 48

V - Des réflexions de terrain pour un avenir plus serein. p 50

Conclusion générale p 51

Bibliographie

Annexes

Résumé

Ce mémoire est consacré à la présentation de ma mission d'une durée de seize mois au sein de l'équipe de recherche du laboratoire de pédologie à l'ORSTOM Dakar au Sénégal.

J'ai travaillé dans le cadre du programme de recherche sur "le développement de l'agriculture irriguée et des systèmes de production dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal". Nous avons principalement travaillé en collaboration avec les paysans sur les difficultés rencontrées au niveau la production du riz irriguée et notamment sur les raisons de baisse de productivité de cette culture. Ces travaux ce sont traduits sur le terrain par la mise en place d'essais en milieu paysan, le suivit d'autres producteurs de la région et la réalisation d'enquête.

Nous nous sommes attachés plus particulièrement aux problèmes liés aux systèmes de productions et à la dégradation des sols. Nous avons pu découvrir de nombreuses raisons qui limitent la productivité de la culture dans cette environnement socio-économique déjà difficile. Sur le plan agronomique, il s'agit essentiellement de difficultés à respecter un itinéraire technique adapté aux besoins de la plante, mais également des difficultés à gérer les risques liés à cette production.

Du point de vue environnemental, on ne peut que confirmer une dégradation des sols à un stade plus ou moins avancé. Celle-ci provenant de phénomène de salinisation ou d'alcalinisation. La prise en compte récente de ces phénomènes par des acteurs du développement nous permet d'espérer pouvoir progresser dans la recherche de solutions applicables.

Une réflexion est également menée avec d'autres organismes sur les difficultés posées par le transfert et l'appropriation de l'information technique au niveau des populations partenaires de nos actions sur le terrain. Celles-ci sont les principales bénéficiaires de la progression de nos recherches à plus ou moins long terme.

Enfin, les travaux réalisés tout au long de cet action s'inscrivent dans une orientation qui me semble convenir pour résoudre d'une façon efficace les difficultés que nous avons analysées.

Ces réflexions doivent être menées à bien pour permettre à ce mode de culture de se développer et d'assurer la place qu'on lui attribut dans l'avenir de ces régions.

Quelques mots clés :

- Fleuve Sénégal
- Recherche en milieu paysan
- Baisse de la productivité du riz
- Difficultés économiques
- Culture traditionnelle
- Culture irriguée
- Soutien des organisations
- Dégradation des sols
- Monoculture
- Appropriation de l'information

AFRIQUE



Avant Propos

J'ai eu la chance de rencontrer des conditions très favorables tout au long de mon séjour, mais cette situation n'était pas le fruit du hasard. En effet, les travaux que j'ai pu réaliser n'auraient pu s'effectuer sans le soutien de toute une équipe à qui je renouvelle ici toute ma reconnaissance.

Je ne pourrais citer toute les personnes qui m'ont soutenues au travers de cette mission que ce soit dans le cadre de mes actions de travail ou de mon insertion dans un milieu social encore méconnu pour moi. Mais à tous je vous redis un grand merci pour le temps et l'attention que vous avez bien voulu me consacrer. Merci également pour votre accueil et votre amitié durant tout mon séjour, qui me laisse aujourd'hui de si bons souvenirs.

Je souhaite cependant tout particulièrement remercier mes deux encadreur, messieurs Pascal BOIVIN et Jean-Christophe POUSSIN pour le temps qu'ils ont bien voulu me consacrer et la qualité des relations que nous avons pu entretenir.

Mes remerciements s'adressent également à toute la communauté villageoise de Donaye et en particulier à M. Nadjiroù SALL chef du village de Donaye pour son soutien tout au long des activités que nous avons pu mener dans sa région.

Je n'oublie pas non plus tous les membres de la villa de Saint Louis pour tous les moments passés ensemble. à tous, un grand merci.

Je veux remercier enfin, pour leur gentillesse et leur efficacité, toutes les personnes des différents services qui ont contribué à l'amélioration de ma situation et mon permis de pouvoir mener à bien ma mission. Ces remerciements s'adresse plus particulièrement à M. Henri POUPON chef du service des relations extérieures à l'ORSTOM pour m'avoir permis de réaliser cette mission.

Introduction générale.

A l'aube de l'an 2000, de nombreux pays d'Afrique se retrouvent confrontés à des difficultés toujours croissantes avec une population en constante progression et des possibilités d'immigration de plus en plus faible. C'est le cas du Sénégal où je viens d'effectuer seize mois d'applications dans le cadre de L'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM). La politique agricole de ce pays est de rechercher l'autosuffisance alimentaire en tirant profit des particularités et des richesses de son territoire. La vallée du fleuve Sénégal au travers du développement de la culture irriguée et de la mise en place de grands barrage est l'un des fers de lance de la politique gouvernementale.

Cependant, même si aujourd'hui le riz est l'aliment le plus consommé dans les foyers, sa culture ne fait pas parti des productions traditionnelles dans la vallée. De plus les conditions climatiques de type sahélienne ne facilite pas le développement de cette production. La récente dévaluation du Franc CFA et la libéralisation de la filière riz sont également un frein à la production.

Cet ensemble d'éléments est à l'origine de nombreuses difficultés qui provoquent une chute importante des rendements de la culture du riz. La culture irriguée dans cette région n'est pas sans risque pour l'environnement où elle est pratiquée et surtout sur l'état du sol qui lui sert de support.

Le programme auquel j'ai pu participer à pour but de travailler sur le développement de l'agriculture irriguée et des systèmes de production dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal.

Ce programme à caractère pluridisciplinaire permet d'évaluer et de faire le point sur la situation actuelle dans la région. L'équipe de travail dont je faisais parti travaille plus précisément dans le domaine pédologique et agronomique afin d'évaluer les possibilités d'amélioration de la production de la culture et de mesurer son impact sur l'environnement.

Vous allez pouvoir découvrir tout au long de ce rapport les démarches et les réflexions qui ont été menées après avoir analysé plus en détails l'environnement où nous avons été amené à travailler. Le développement de nos activités nous conduira à vous présenter la synthèse des travaux réalisés. Un dernier chapitre consacré à l'analyse de l'ensemble de la mission me permettra de m'exprimer de façon générale sur les orientations de ce programme et mon action tout au long de cette mission.

Avant de développer les différents éléments qui ont servis de base à ma mission, nous allons préciser en quelques lignes la démarche que j'ai suivie pour obtenir cette application.

Après avoir déterminé avec quel type d'organisme je souhaitais travailler, j'ai pris rendez-vous avec une personne responsable des relations extérieures à l'ORSTOM. Ce rendez-vous avait pour but de lui présenter ma candidature pour effectuer un stage dans son établissement. Suite à l'entretien, j'ai remis un curriculum-vitae. Ensuite, les contacts ont été pris directement avec les responsables du programme au Sénégal qui étaient intéressés par ma candidature. Dans le chapitre suivant, nous allons rappeler les termes de la mission.

I les termes de la mission :

Résumé

La première convention tripartite fut signée pour une durée de six mois. Elle m'engageait donc à effectuer un stage afin de réaliser des activités, de logistique, organisation et soutien des essais de diversification des cultures irriguées en milieu paysan. Ceci a été réalisé dans le cadre du programme "ORSTOM - ISRA Fleuve Sénégal", dans la région de Podor, vallée du Fleuve Sénégal.

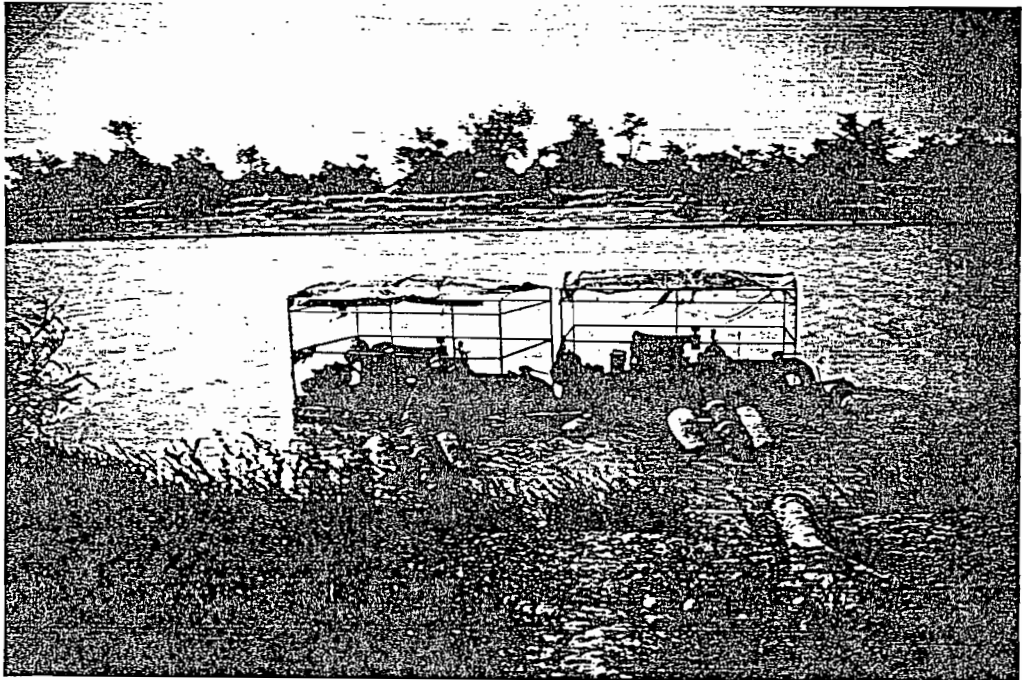
J'avais pour objectifs principaux, de définir les potentialités des cultures dans le cadre de l'agriculture irriguée en milieu paysan. L'analyse des contraintes en termes de gestion de l'eau, les aspects environnementaux liés à la dégradation des sols faisaient également parti des objectifs.

Mes responsables étaient messieurs P. BOIVIN et J.C. POUSSIN.

La prolongation du contrat jusqu'à une durée de seize mois nous a amené à développer nos objectifs et à explorer plus précisément les différents domaines d'activités étudiées. Nous préciserons nos réalisations dans le chapitre consacré aux activités réalisées. Sur le plan statutaire, la prolongation de la convention n'a pas été très facile à réaliser, mais les personnes de mon encadrement ont beaucoup contribué à l'obtention de l'amélioration de mon statut tout au long de mon séjour. Nous allons développer les différents sujets abordés dans ce résumé tout au long de ce chapitre.

I-1 Un statut fluctuant et incertain.

Les conventions de stages signées entre les trois parties ont permis de poser les bases de ma collaboration avec l'équipe de travail de Dakar (pour plus d'information cf. conventions en annexe). Des accords internes à l'équipe du programme ont améliorés ma situation financière lorsqu'il y avait certain blocage aux niveaux des dossiers administratifs. Puis Pendant une durée de six mois, j'ai pu bénéficier du statut d'allocataire de recherche auprès de l'ORSTOM, ce qui m'a permis d'obtenir un apport financier complémentaire et un statut social avec de meilleures garanties.



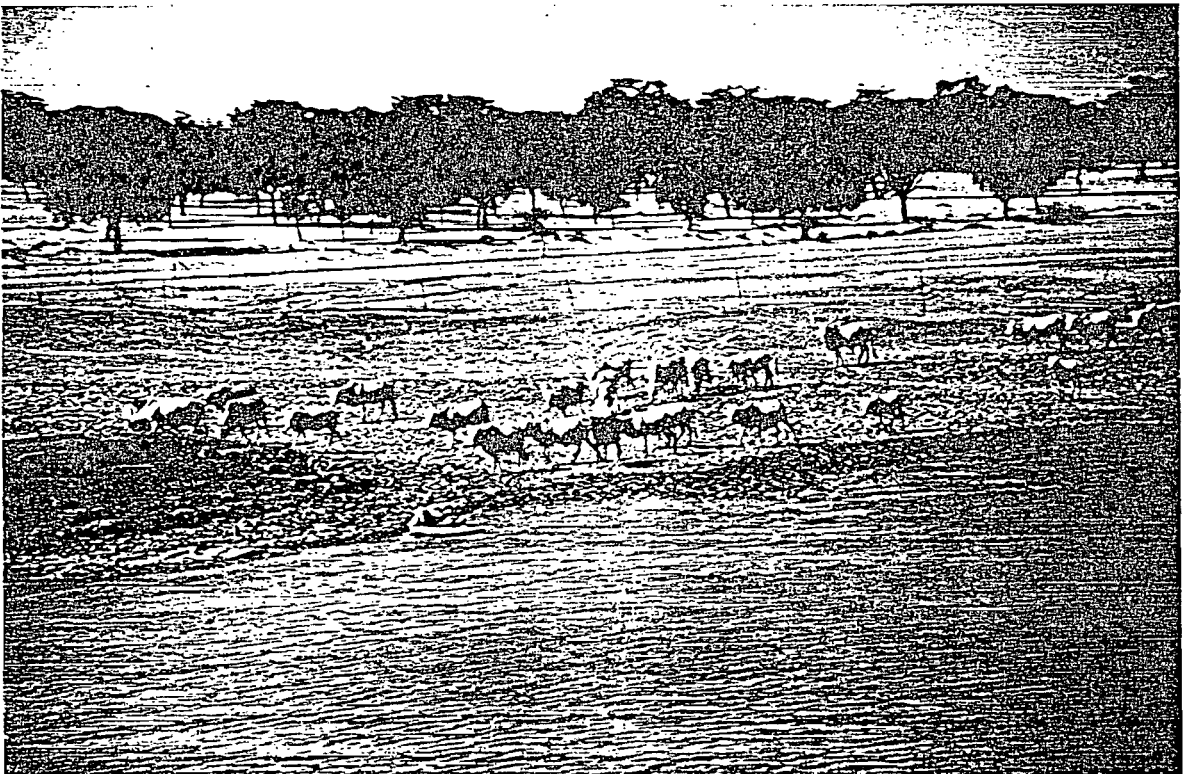
- Groupes motopompe sur un bras du fleuve Sénégal -

I- 2 Un employeur pluridisciplinaire et rigoureux.

L'ORSTOM EN GENERAL

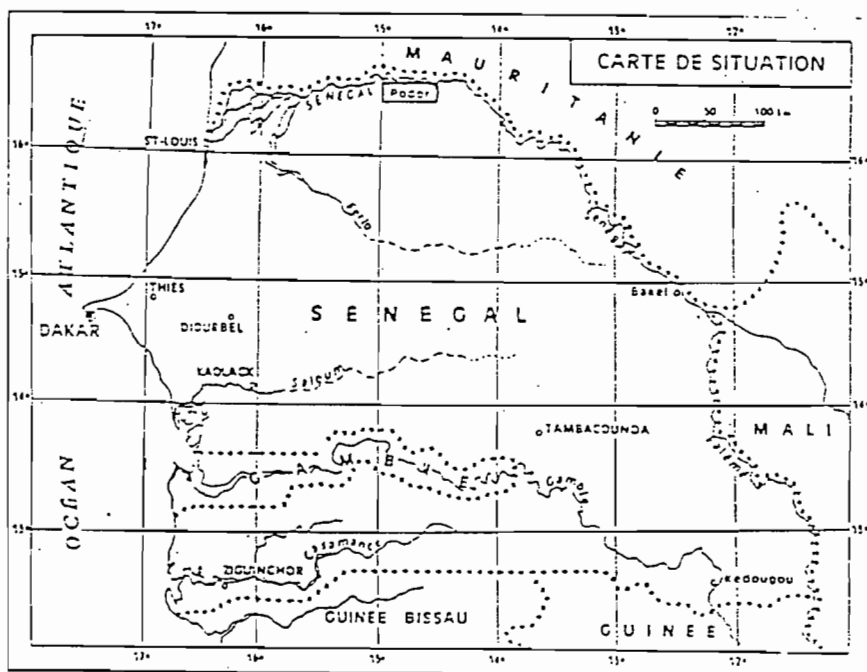
" L'ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération", est un établissement public national à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle des Ministères de la Recherche et de la Coopération. Il agit depuis plus de cinquante ans dans une quarantaine de pays (cf images et visages l'ORSTOM a 50 ans).

Il a pour mission de conduire des recherches de base, contribuant au développement des régions de la zone intertropicale en particulier par l'étude des milieux physiques, biologiques et humains de ces pays et par des recherches expérimentales visant à la maîtrise du développement. Ces recherches sont conduites en coopération en fonction des choix scientifiques et technologiques définis en accord avec des partenaires français et étrangers.



L'ORSTOM au SENEGAL

Le centre ORSTOM de DAKAR est l'une des plus grande implantation de l'Institut au niveau de l'Afrique. Vous pouvez découvrir la majeure partie des activités réalisées sur ce site au travers de la plaquette, page suivante. L'ORSTOM développe des programmes de recherche à long et moyen terme. Ces programmes se concrétisent par des opérations de recherche qui se définissent par leur objet , leur méthodologie, leur terrain, leur équipe et leur budget. ceci nous amène à présenter le programme auquel j'ai participé pendant mon séjour au Sénégal. Mais auparavant nous allons apporter quelques informations générales sur le pays.





Les profondeurs de la terre

Géophysique

P. Mourgues

La mer et ses ressources

Océanographie physique et biologique, économie des pêches



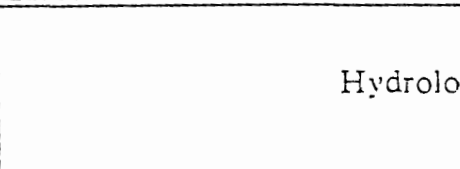
A. Fonteneau



L'eau et le sol

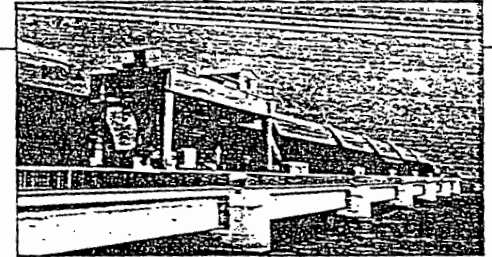
Hydrologie, Pédologie

J.P. Montoroi



Les grands fleuves

Hydrologie, Géochimie, Hydrobiologie



Ph. Cecchi



Amélioration de la production agricole et économie rurale

Microbiologie, Nématologie, Géographie rurale

M. Lericollais



L'arbre et la régénération des écosystèmes

Microbiologie, Génétique, Physiologie végétale, Pédologie, Écologie végétale

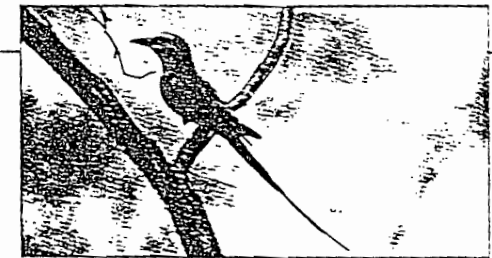
P. Zante



Les biotechnologies au service du développement

Biologie des fermentations, Microbiologie, Génétique

B. Dreyfus



Oiseaux et rongeurs des zones humides

Ornithologie, Mammalogie

A. Pariselle



La santé

Entomologie médicale, Virologie, Primatologie, Épidémiologie, Nutrition, Paludologie, Démographie et Géographie de la santé

B. Maite



La ville

Démographie, Sociologie, Économie

L. Ferrara

I-3 Un pays aux multiples facettes : le Sénégal

Le Sénégal est une république à démocratie pluraliste qui a obtenue son indépendance en 1960. Il occupe l'extrémité la plus occidentale du continent africain. D'une superficie de 196.192 Km², le Sénégal est une grande plaine dont l'altitude dépasse rarement 100 mètres. Il est bordé à l'ouest par l'océan Atlantique sur 700 Km de côtes. Le fleuve Sénégal permet de remonter à l'intérieur des terres sur 1000 Km jusqu'au Mali.

Ce pays comprend six régions naturelles et est caractérisé par trois climats bien distincts.

- Le littoral : le long de la bande côtière, de l'embouchure du Sénégal à l'estuaire du fleuve Gambie avec des températures allant de 18 à 25°.

- Le tropical : dans la région sud de la Casamance qui reçoit 90 jours de pluie avec des précipitations annuelle de plus de 1,50 mètre.

- Le sahélien et soudanien dans tout l'intérieur du pays et notamment sur la vallée du fleuve.

La pluviométrie s'accroît régulièrement du nord au sud du pays. Elle varie de 200 mm par an près de la frontière mauritanienne, à 1600 mm par an près de la frontière guinéenne. Le régime des pluies au cours des années est très irrégulier.

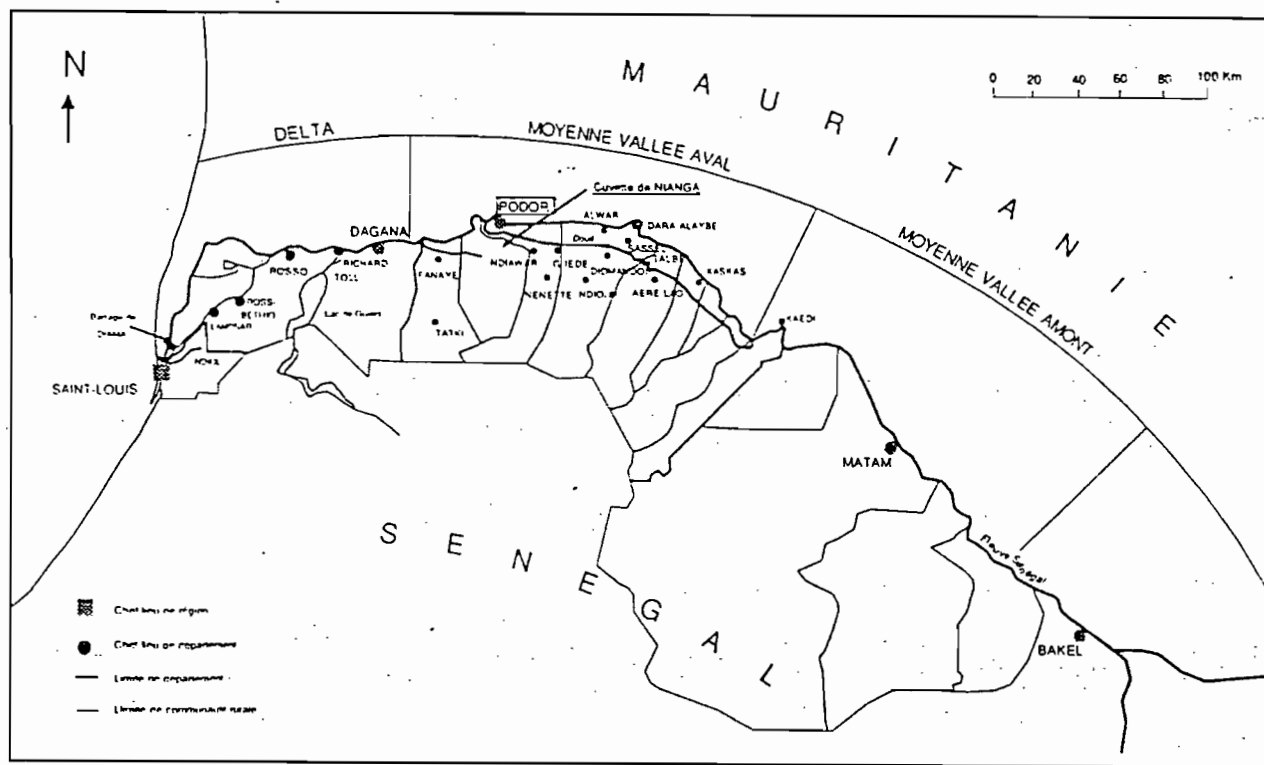
Depuis 1968, toute la frange sahélienne connaît un important déficit pluviométrique. La plus grande sécheresse du siècle a eu lieu en 1984, où les écoulements du fleuve Sénégal ont diminués de 70 %. Cette situation a été l'une des raisons pour lesquelles, l'ORSTOM et l'ISRA (Institut Sénégalais de Recherche Agronomique) ont développé un grand programme dans cette région du Sénégal.

Pour plus d'informations sur le pays, consulter "le SENEGAL " cf bibliographie.



- Une femme qui porte de l'eau -

I-4 Un programme pluridisciplinaire sur l'agriculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal :



- Carte de la vallée du fleuve -

I-41 Un contexte marqué par les difficultés occasionnées par une très grande sécheresse.

Lors de la mise en place du programme, il y a cinq ans, nous étions dans un contexte d'aide à la planification et au développement des périmètres irrigués de la vallée du fleuve Sénégal.

- Définition du risque environnemental (dégradation des sols), quantifications des ressources, économie de l'eau d'usage agricole.
- Etude de l'impact socio-économique de la mise en eau des barrages sur les systèmes de culture et d'élevage traditionnels.

I - 42 Le programme : "ORSTOM - ISRA Fleuve Sénégal", région de Podor, vallée du fleuve Sénégal.

I - 43 - Projection dans le projet :

Suite à un ensemble de démarches et à des réunions de concertations avec les membres de l'équipe, nous avons pu évoquer certaines pistes de travail pour la suite du programme.

Les choix sont les suivants :

- Essayer de nous orienter vers une approche locale qui permettrait de mettre en relation les problèmes rencontrés par le milieu paysan et le domaine de la recherche développement

- Concilier la recherche au niveau pédologique et agronomique avec les problèmes rencontrés par les paysans dans la pratique de leurs cultures. Nous orienterons plus particulièrement nos actions au niveau de la filière rizicole dans un secteur où se développent les organisations paysannes.

Nous avons choisi de travailler dans le secteur de Podor en concertation avec les paysans. Ceci afin de répondre aux nouvelles orientations du programme, mais également à une attente des paysans face aux problèmes qu'ils rencontrent dans le cadre de la culture irriguée. En contrepartie de cette participation nous pouvons compter sur des organisations paysannes pour "diffuser " les résultats et faire circuler l'information au niveau des villages.

I - 44 Mon rôle et mes fonctions dans le cadre du programme :

Je suis chargé de réaliser "l'interface " entre le milieu paysan et les chercheurs qui travaillent sur le secteur. Ce nouveau poste permettra de répondre aux nouvelles orientations du programme. Il nécessite une bonne connaissance du milieu et une insertion dans les communautés rurales.

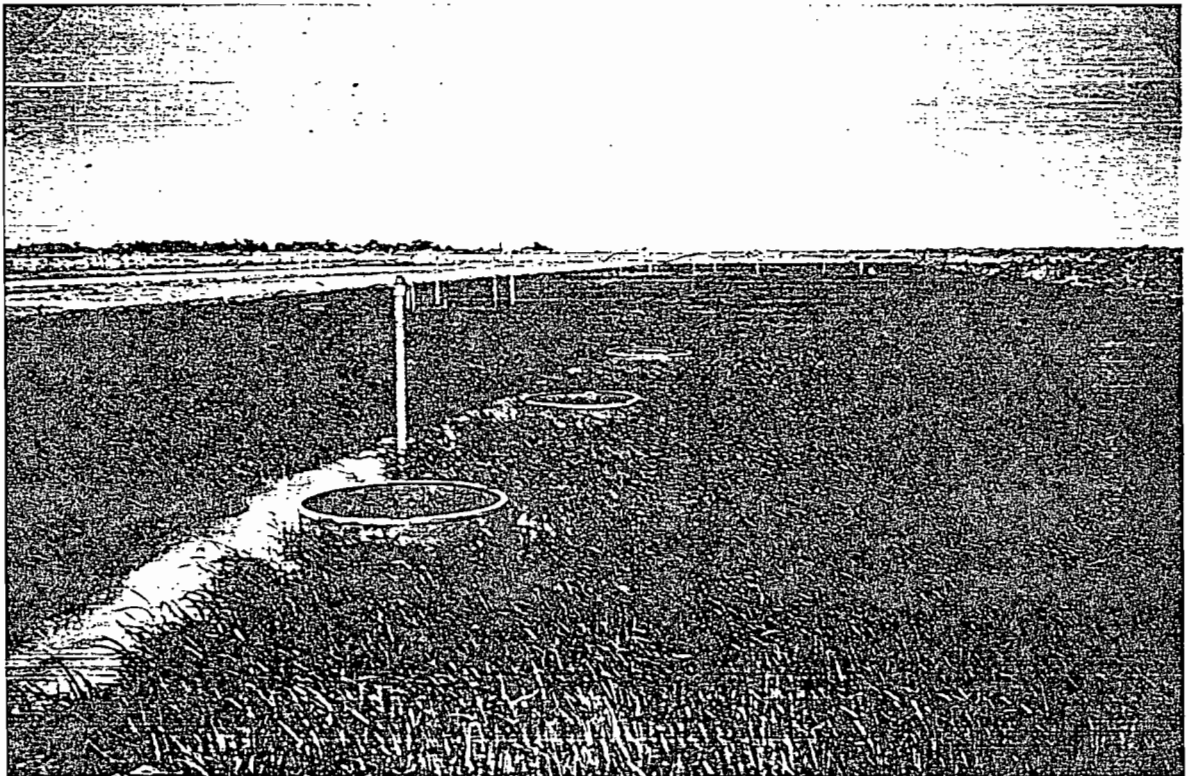
De plus, le caractère multidisciplinaire des recherches et le nombre des acteurs demandent une coordination des travaux dans le temps et dans l'espace. La réalisation des actions me permet, en plus de la coordination, d'effectuer certains travaux de logistique et de soutien technique dans le cadre du laboratoire de pédologie ou d'études de terrain. Les travaux sur le terrain sont essentiellement liés aux phases de cultures réparties sur deux saisons dans l'année, la contre saison chaude et l'hivernage.

Enfin, suite à une première phase de travail visant à acquérir les informations et à prendre les contacts nécessaires à une bonne connaissance du cadre de travail, (cf synthèse des activités) j'ai été amené à réaliser le canevas des activités à mettre en place. Puis nous avons mis en place et réalisé les travaux. Dans le même cadre, mais à une échelle d'espace et de temps plus large, je serai amené à réaliser différentes enquêtes sur le thème de la chute des rendements et de l'évolution des coûts de production. (cf synthèse des activités).

1 - 45 Des moyens à la hauteur des ambitions.

Tout au long du programme, nous avons pu bénéficier des moyens matériels et financiers suffisant pour accomplir l'ensemble des travaux et des actions nécessaire au bon déroulement des missions. Une partie des financements ont été obtenu pour des actions ponctuelles sur le terrain par des crédit du F.E.D. (fonds européen de développement). Ces crédits ont été attribués après présentation de premier résultat obtenu lors de la première campagne.

Nous développerons ces différents points dans le prochain chapitre consacré au cadre de la mission.



- Parcelle d'essais -

II - Le programme dans son environnement :

Résumé

Le programme "fleuve Sénégal" a une portée générale pour la gestion de l'eau d'irrigation en milieu aride. Il se situe dans l'optique d'une réduction du "déficit alimentaire". Le milieu est désertifié par la sécheresse et encourt des risques importants de dégradation saline. En effet, fortement touché par la sécheresse sahélienne, le Sénégal a porté tous ses espoirs d'autosuffisance alimentaire sur l'après barrage dans la vallée du fleuve Sénégal. La mise en eau des barrages, qui régularisent la crue, a bouleversée les conditions écologiques et socio-économiques de la région.

Le Sénégal doit faire face au défi du développement des périmètres hydro-agricoles, en préservant l'environnement et en gérant les transformations sociales qui se produisent. Le programme a donc associé des recherches à caractère fondamental à une étude globale des systèmes de production. La région de Nianga-Podor a été retenue comme laboratoire naturel et social devant servir de cadre de travail à l'ensemble des intervenants (cf carte). Elle est occupée par deux communautés rurales représentant plus de quarante mille habitants.

Après trois ans de recherche, les chercheurs et les acteurs du développement impliqués dans la moyenne vallée du fleuve ont tenté d'élargir le dialogue dans le cadre d'un atelier afin de faire le point des travaux réalisés et des orientations à prendre. L'ensemble des travaux a été repris dans un *ouvrage à paraître, intitulé : "Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal"*.

Nous arrivons à une période charnière pour le programme car le bilan de trois années d'activités vient d'être réalisé à travers l'ouvrage cité précédemment.

Un constat a été souvent évoqué, celui de la chute des rendements, notamment pour la culture de riz même s'il n'a pas encore été démontré. A cela s'ajoute la toute récente dévaluation, qui est susceptible de modifier les conditions de production, et dont nous n'avons pas encore mesurer les conséquences. C'est dans ce contexte que s'intègre le dispositif mis en place par les équipes d'agronomie et de pédologie de l'ORSTOM Dakar.

Le cadre de notre réflexion se situe dans la continuité des trois premières années. Il concerne d'une part la maîtrise technique de la riziculture irriguée, et d'autre part la question de la conservation des sols et des aménagements.

II - 1 Un environnement socio- économique dépendant de la culture irriguée.

Suite à une période de grande sécheresse, deux grands barrages ont été mis en place, leurs conséquences sont très importantes sur l'environnement socio-économique. La régulation du cours du fleuve Sénégal a des impacts sur trois pays du Sahel qui sont: la Mauritanie, le Sénégal et le Mali. (cf ouvrage "*La vallée du fleuve Sénégal*")

Aujourd'hui des difficultés existent toujours, malgré de gros efforts fournis par les gouvernements concernés et les différents acteurs du développement attachés au grand projet de la culture irriguée. Dans l'ouvrage cité précédemment, nous pouvons nous rendre compte que cette nouvelle maîtrise de l'eau occasionne de nombreux bouleversements notamment aux niveaux écologiques, agricole, macro-économique, socio-économique et institutionnel. (Nous pouvons retrouver une "synthèse" des différents thèmes abordés dans l'ouvrage "*Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal*" en annexe, celle-ci est tirée de la préparation de l'ouvrage et est rédigée par M. Boivin responsable du programme fleuve Sénégal).

Le gouvernement Sénégalais continue à vouloir développer les potentialités de la vallée du fleuve Sénégal. Au travers du Plan Directeur Rive Gauche (P.D.R.G.) , nous pouvons constater que les choix s'orientent vers un compromis entre social, écologie et économie. Il s'agit d'une stratégie axée sur l'alimentaire. (cf résumé du P.D.R.G. en annexe)

II - 2 Un programme recentré, plus près des problèmes du "terrain".

De nombreuses études ont déjà été menées par rapport aux axes de réflexions du programme. En effet, le responsable du programme et d'autres membres de l'équipe ont déjà travaillé sur le problème de la dégradation des terres irriguées. Les réflexions portaient notamment sur le problème de salinisation, sodisation et alcalinisation. Des études agronomiques étaient également développées. (cf annexe et liste bibliographique)

II - 21 Sur le plan agronomique.

L'introduction de la culture irriguée a considérablement modifiée la façon de produire des paysans. Suite à leurs réflexions et à nos observations, nous pouvons nous interroger sur certains points :

- Les paysans ont-ils acquis une certaine maîtrise de l'agriculture irriguée ?
- A quels types de problèmes sont ils confrontés, et quelles solutions y apportent-ils ?
- Quel est le référentiel technique mobilisé afin d'élaborer ces solutions ?

II - 22 Du point de vue pédologique.

L'irrigation a également considérablement modifiée les conditions de milieu et par voie de conséquence celles de productions.

Les premières expériences en matière d'irrigation dans différentes zones ont permis de mettre en évidence deux phénomènes liés à l'évolution des sols et à leur dégradation. Il s'agit de la salinisation, de la sodisation et alcalinisation.

Nous allons donc travailler dans cette direction et également vers l'analyse de la gestion de l'eau et de ses conséquences sur l'environnement.

Le travail que nous avons effectué et les dispositifs présentés dans le prochain chapitre sont essentiellement axés au niveau de la parcelle cultivée. Mais on trouve en amont, la gestion collective des aménagements et en aval l'état d'évolution des sols. C'est sur cet ensemble de point que repose les enjeux du travail que nous avons réalisé dans ce programme.

II - 23 Les "enjeux" du programme.

II - 231 Mieux appréhender la conduite de la riziculture irriguée :

Nous avons travaillé pour cela essentiellement à l'échelle de la parcelle cultivée et de l'unité de production. L'objectif était d'identifier les problèmes à chaque niveau, les liens qui existent, et de trouver des solutions.

- Analyse des pratiques culturales des agriculteurs :

C'est la première voie d'accès à la compréhension de la gestion technique. Nous avons choisi de mettre l'accent sur quelques opérations clés que nous jugeons particulièrement fondamentales pour la bonne marche de la culture.

a - La phase d'implantation : travail du sol initial.

b - La maîtrise de l'enherbement : en liaison avec le travail du sol et la gestion de l'eau, par un traitement phytosanitaire approprié.

c - La fertilisation :

Pour l'engrais de fond comme pour la fumure azotée, il s'agit de proposer un raisonnement de la date d'apport, des quantités apportées et de la qualité de l'engrais fourni. Une étude particulière a été menée sur l'efficacité de la formulation 18.46.0 quand aux besoins en phosphore de la plante.

d - La gestion de l'irrigation, en particulier le suivi de la hauteur de la lame d'eau.

II - 232 - La programmation de la campagne a l'échelle de l'unité de production.

Nous avons surtout analysé les problèmes d'organisation du travail liés à la conduite simultanée de plusieurs parcelles ou spécifiques à certaines successions culturales, et ceux nés d'une organisation collective de la production. Nous cherchions également à identifier les risques qui apparaissent pendant la conduite des cultures.

II - 233 Evaluer l'impact de la culture irriguée sur l'évolution des propriétés des sols et de l'eau.

a - Les risques de dégradation physique et chimique.

- La salinisation, la sodisation.

- L'alcalinisation : conséquence de la concentration de l'eau et de son alcalinité résiduelle, augmentation du pH du sol.

Les répercussions sur la valeur agronomique du sol.

II - 234 Cerner le contexte actuel de production

a - Etude géographique de la chute des rendements.

Au travers d'enquêtes, j'ai essayé de confronter la perception de la baisse des rendements (pour la culture du riz) à la situation réelle, par une démarche géographique, qui soit représentative du secteur étudié.

b - Analyse des coûts de production

L'enquête que j'ai pu menée a permis également d'évaluer les coûts de mise en culture dans un environnement économique en pleine évolution.

Avant de conclure ce chapitre, il me paraît important de préciser de quelle manière sont impliqués les paysans dans cette phase du programme qui apparaît plus proche des préoccupations des paysans.

Une implication à différent niveau :

Les sites où sont réalisées les recherches ont été choisis après le séminaire de ST Louis en réponse à la demande d'un représentant de l'UJAK (Union des Jeunes Agriculteurs de Koyli Wirnid; association inter villageoise regroupant 17 associations villageoises de développement de la communauté rurale de Guédé). Le dispositif d'application pratique étant limité dans l'espace, le nombre de paysans impliqués concrètement dans cette phase de travail se trouve limité. En revanche, les travaux réalisés sur les parcelles sont effectués par les paysans, ce qui favorise les échanges et facilite les discussions sur les expériences que nous réalisons. De plus, la structure des groupements qui gèrent les périmètres irrigués et leur mode de fonctionnement nécessitent des contacts permanents avec les différents responsables, qui sont également des paysans. Pour la réalisation de l'enquête, j'ai pu également avoir le soutien des membres de L'UJAK qui ont été des personnes ressources dans les différents villages ciblés.

Cet ensemble de contacts nous permet de savoir comment sont perçus les essais que nous réalisons au sein de la communauté rurale. Mais il favorise également l'apport d'explications supplémentaires sur les différents dispositifs dans le cas où l'on remarque certaines insuffisances de notre part au regard de la compréhension de nos actions. Il semble que les expériences menées en collaboration avec les paysans sont bien appréciées par l'ensemble des acteurs. En effet, le fait de travailler en situation réelle sur leur parcelle et d'essayer de trouver des solutions aux problèmes concrets qu'ils rencontrent, semble bien perçu par rapport à une recherche qui se déroule uniquement en laboratoire ou en station, dont les applications pratiques en milieu paysan ne paraissent pas souvent répondre à leurs besoins ou à leur préoccupations.

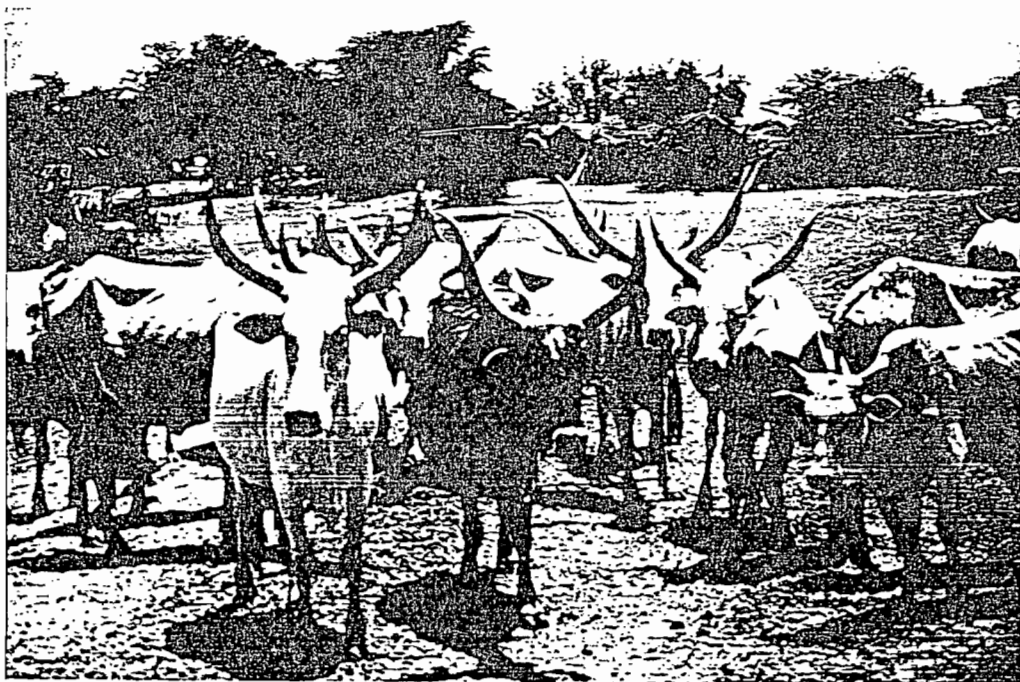
De plus, depuis le désengagement de l'Etat, l'encadrement des paysans apparaît relativement limité. Nos actions leur permettent de bénéficier de conseil, notamment dans le domaine agronomique dont ils peuvent voir concrètement les effets sur leur parcelle.

Enfin, le domaine pédologique et notamment, les expérimentations qui contribuent à définir l'ampleur et la dynamique des risques de salinisation et d'alcalinisation qu'encourent actuellement les sols de la moyenne vallée, intéressent d'avantage les encadreurs et certains organismes de développement tel que le Fond Européen de Développement ou l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO).

Ceci s'explique par le fait que nous abordons des problèmes pas encore perceptibles par les paysans, mais qui peuvent avoir des répercussions importantes sur l'avenir de certains périmètres irrigués. Nous pouvons nous rendre compte de l'importance qu'ils attachent à nos études par l'accord de financement qu'ils nous ont fait après la présentation des premiers résultats. Ces éléments seront développés dans les prochains chapitres.

Pour conclure cette partie consacrée à l'environnement socio-économique et aux orientations du programme, vous allez pouvoir découvrir dans les pages suivantes un article reprenant les grandes lignes des éléments qui caractérisent la situation actuelle au niveau de la région où nous avons travaillé (*source ORSTOM actualité N° 45*).

J'ai pu apporter ma contribution notamment par les activités réalisées en milieu paysan qui ont permis de renforcer certains arguments utilisés dans cet article et particulièrement pour les chapitres milieu et aménagements, maîtrise de l'eau et choix techniques et le paysan, pivot du développement. On peut également retrouver cette participation au travers de photographie qui illustre certains de mes travaux et l'environnement qui les entoure. Nous pourrions retrouver ces différents travaux dans les deux chapitres suivants consacrés respectivement à la synthèse des activités réalisées et aux résultats.



- Troupeau de bovins -

Agriculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal Une approche pluridisciplinaire

Depuis 1990, le cours du fleuve Sénégal est entièrement contrôlé, par un barrage réservoir en amont et par un barrage anti-sel dans le delta. L'une des perspectives offertes par ces aménagements est l'irrigation : jusqu'à 240 000 ha de terres irrigables ont été recensées sur la seule rive sénégalaise. La transformation des conditions d'accès à la ressource en eau s'accompagne de profonds bouleversements, écologiques, mais aussi économiques et sociaux. Un programme de recherche pluridisciplinaire mené conjointement par l'Orstom et l'Isra s'est fixé pour objectifs d'étudier ces transformations, en particulier au niveau des systèmes de production, et de définir les conditions d'évolution vers une agriculture irriguée durable.



Enfant devant une
rizière



Boucle du Doué
à Mbantou.

QUAND LES PLUIES TOMBAIENT

Le système agricole traditionnel était lié au régime hydrique du fleuve (la crue) dans les terres de *waalo* (vallée alluviale), ou à la pluviuosité pour les cultures de *jeeri* (dunes bordant la vallée). La complémentarité entre les cultures assurait une production agricole répartie dans le temps. Dans le *waalo*, les cultures de décrue (sorgho) occupaient principalement les cuvettes inondées lors de la crue du fleuve. La submersion devant durer environ trois semaines, la superficie cultivée fluctuait selon l'importance de la crue. Pour la campagne 1957-1958, celle-ci était de 60 400 ha pour l'ensemble de la moyenne vallée aval (cf. carte), sur les deux rives du fleuve. Les cultures de décrue étaient réalisées pendant la saison sèche, de novembre à juin pour la région de Boghé à Dagana. La même année, les rendements en sorgho variaient de 0 à 2 000 kg/ha d'épis frais, avec une moyenne de 720 kg/ha, soit 430 kg/ha de grains secs. A ces cultures s'ajoutaient des cultures de berges, réservées au maïs, au niébé et au maraîchage.

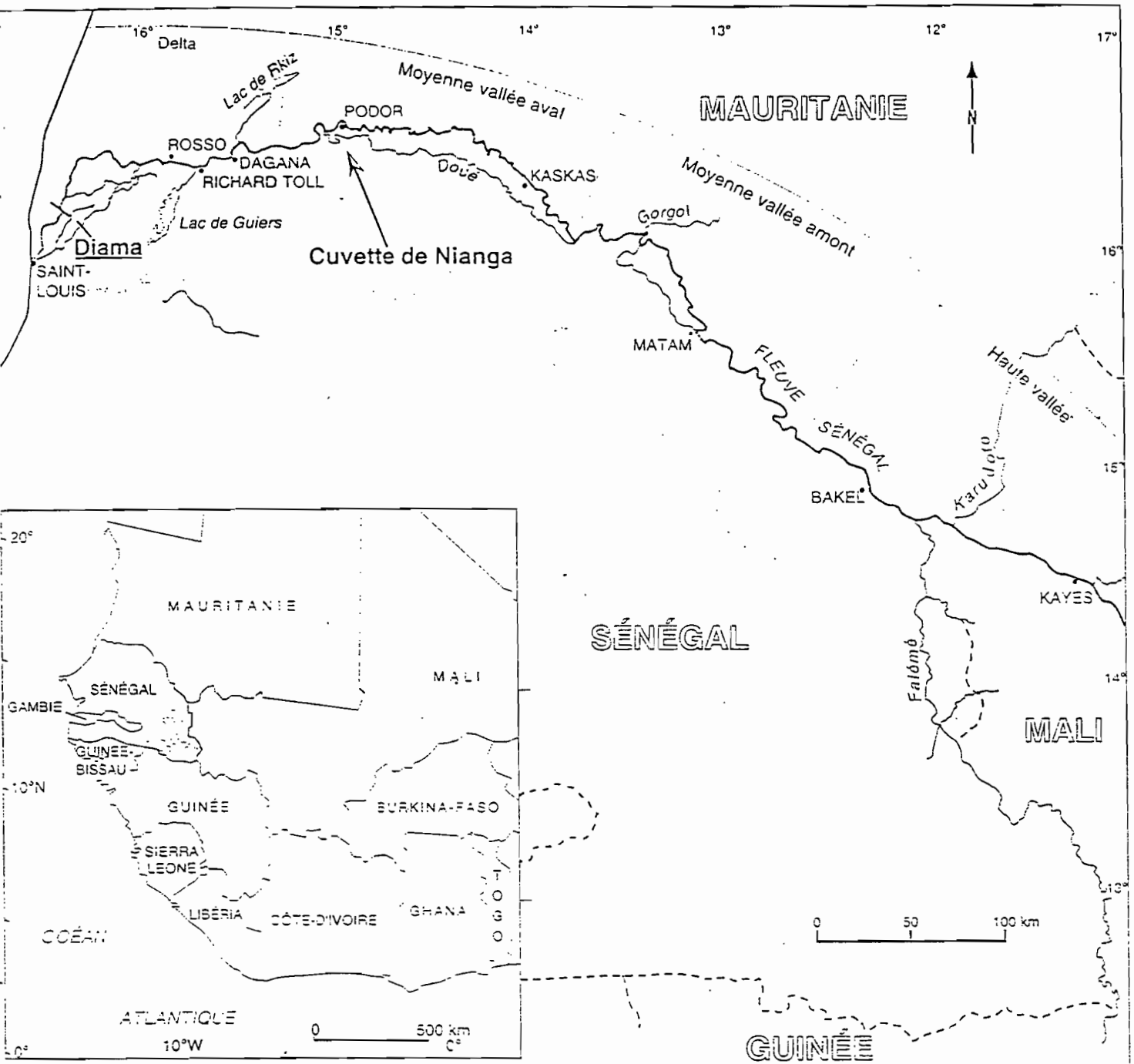
Dans le *jeeri*, le mil était cultivé en hivernage de juin à novembre, dans toute la vallée. Dans la moyenne vallée aval, la superficie cultivée atteignait 36 400 ha. L'irrégularité des pluies impose des semis et explique, avec les dégâts causés par les sauterelles, des rendements variant entre 0 et 1 000 kg/ha, avec une moyenne de 240 kg/ha de grains secs.

L'agriculture traditionnelle n'est qu'un élément du système de production associant étroitement les activités agricoles et pastorales. L'élevage, pratiqué à des degrés divers par tous, et surtout par les peuls, participe à la restitution de la fertilité des sols, tout en constituant une ressource supplémentaire, lors des années de mauvaises récoltes. Les champs récoltés fournissent aux troupeaux des sous-produits de qualité (cannes de mil, de maïs, fanes de niébé) utilisables en saison sèche quand les parcours de *jeeri* s'appauvrissent.

A partir de 1973, ce système traditionnel est en crise, en raison de la sécheresse. Des regroupements autour des premiers périmètres irrigués sont observés.

UNE NOUVELLE MAÎTRISE DE L'EAU

La mise en service des barrages de Diama (1986) (cf. carte de situation) et Manantali (1990 - a. Mali) offre de nombreuses perspectives aux pays riverains (Sénégal, Mali et Mauritanie). Parmi celles-ci, la possibilité de développer 350 000 ha de cultures irriguées figure en bonne place dans la stratégie d'autosuffisance alimentaire de ces pays : l'agriculture irriguée, par exemple, permettrait de doubler les récoltes par an avec des rendements potentiels de l'ordre de 8 à 12 t/ha. Alors que la phase de sécheresse récente a déjà profondément sapé les fondements des pratiques agricoles traditionnelles dans



la vallée du fleuve, la nouvelle maîtrise de l'eau s'accompagne de profonds bouleversements à tous les niveaux :

- écologique, avec la modification du régime hydrologique du fleuve, le contrôle (mais non la disparition) des crues, l'impact de l'irrigation sur les nappes ;
- agricole, avec la réduction progressive des cultures de décrues, le changement dans les pratiques paysannes en relation avec le recentrage sur une agriculture irriguée intensive, les nouvelles conditions des rapports cultivateurs-éleveurs ;

- socio-économique, avec le déplacement des enjeux financiers, l'introduction de cultures à fortes charges, la nécessité de s'adapter rapidement à de nouvelles

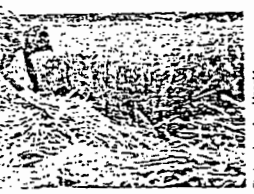
conditions de pluri-activité, la modification du rapport à l'émigration, la création de nouveaux modes d'association et de coopération ;

- institutionnel, avec de nouvelles règles d'accès à la terre et au crédit, de nouveaux pouvoirs et le développement de stratégies face au désengagement de l'Etat.

Dans ce contexte, l'agriculture irriguée, en pleine mutation, doit faire face aux enjeux de la rentabilité et de la durabilité. Le programme de recherche mis en place par l'Orstom et l'Isra vise donc à définir la performance actuelle des systèmes irrigués et les dynamiques mises en jeu (au plan social comme au plan environnemental), pour développer ensuite des pro-

La mise en service des barrages de Diama (1986) et de Manantali (1990 - au Mali) offre de nombreuses perspectives aux pays riverains (Sénégal, Mali et Mauritanie). Carte réalisée par le laboratoire de cartographie appliquée.

Les sols des périmètres irrigués sont généralement très argileux. Les argiles gonflantes provoquent de grosses fissures de retrait lorsque le sol se dessèche.



Récolte manuelle du riz

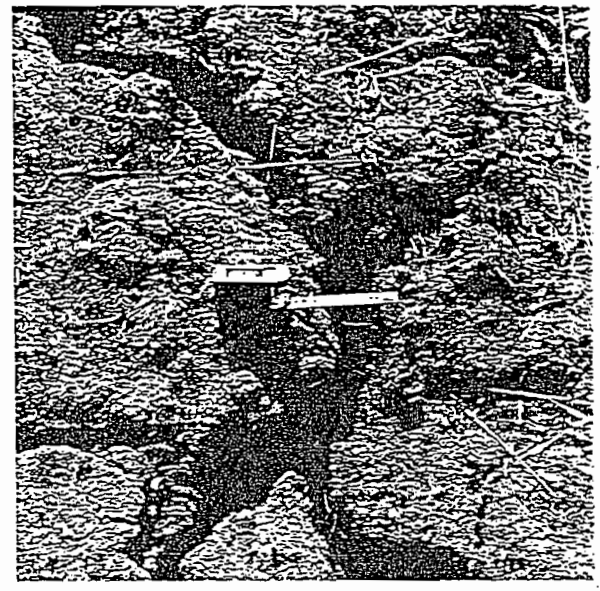
Parcelle expérimentale (essais agronomiques et pédologiques dans une rizière paysanne : évaluation des contraintes à l'élaboration du rendement, et étude de l'évolution du sol sous culture).

positions d'évolution des systèmes irrigués (diversification, intensification). Pour atteindre ces objectifs, deux choix d'organisation de la recherche ont été faits : le choix de la pluri-disciplinarité et le choix d'une approche locale. La région de Nianga-Podor représente approximativement une surface de 50 km x 50 km. Avec une population de plus de 40 000 habitants, elle a été retenue comme laboratoire naturel et social devant servir de cadre de travail à l'ensemble des intervenants. Elle représente en effet une variété de situations au niveau du milieu physique, des sociétés, des aménagements et des systèmes de production, permettant à chaque chercheur de développer des stratégies d'étude représentatives ou significatives, selon les objectifs visés.

Les recherches conduites durant les trois premières années (1991-1994) ont permis dans chaque discipline (démographie, géographie, sociologie, socio-économie, agronomie, hydrologie et pédologie) de faire un inventaire général de la situation, des problèmes posés, des interactions mises en jeu. Au cours d'un séminaire de synthèse tenu au centre ISRA de Saint Louis du Sénégal en 1993, le résultat de ces recherches a été débattu par un groupe d'acteurs de la recherche ou du développement intervenant dans la région. Cette réunion a permis de définir les grandes lignes d'une deuxième phase de recherches, directement orientées vers la formulation de propositions pour l'évolution des systèmes irrigués paysans. La problématique de l'agriculture irriguée peut être abordée en quatre grands thèmes : les milieux et les aménagements, la maîtrise technique des producteurs, les économies familiales, le contexte institutionnel.

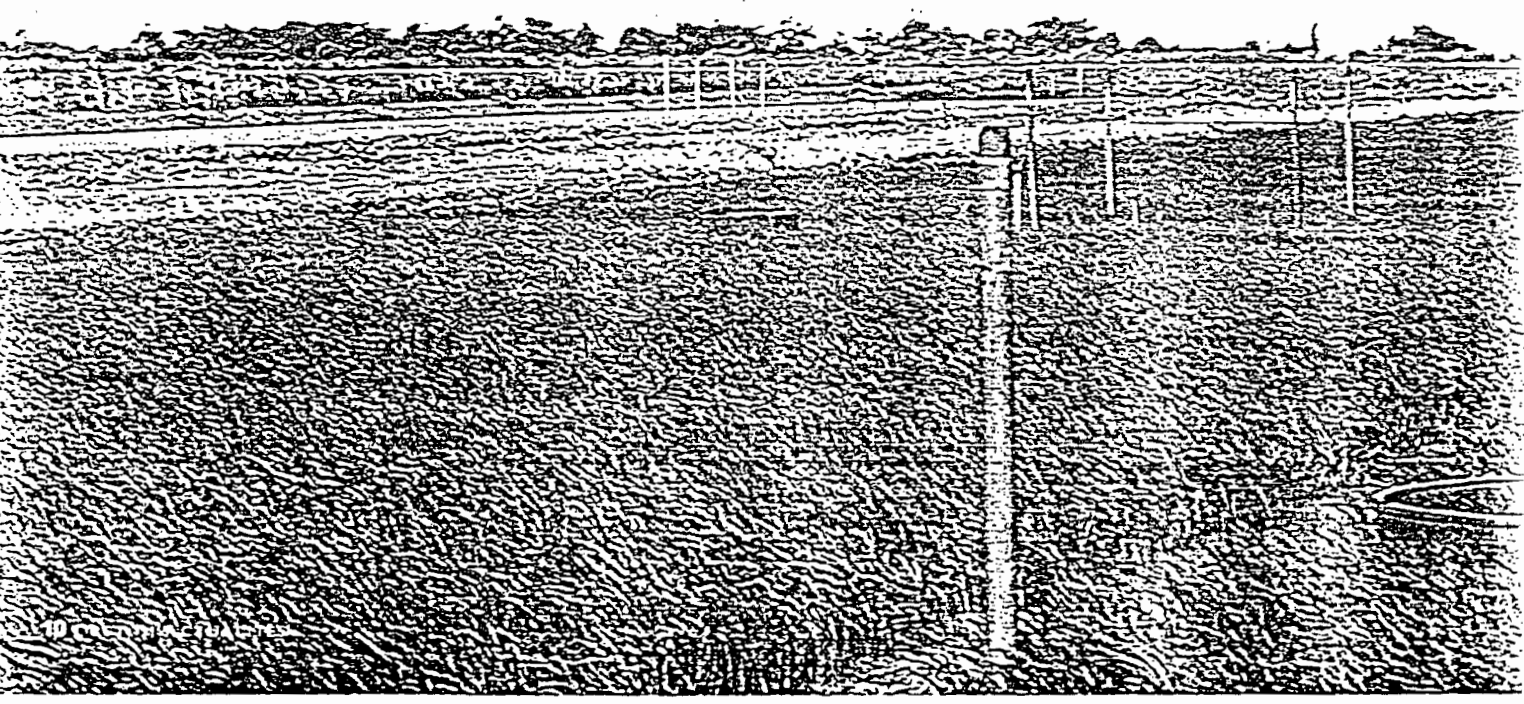
MILIEUX ET AMÉNAGEMENTS

Les relations entre milieux et aménagements posent globalement la question de l'impact environnemental de l'irrigation et des pratiques qui lui



sont associées, principalement au niveau de la gestion conservatoire des sols et des eaux.

Un premier paradoxe apparaît à la lecture de l'information disponible. On dispose de peu d'information pour gérer les problèmes posés. L'étude d'impact de l'irrigation n'a pas été envisagée. Il est tout aussi paradoxal de constater que l'investissement (très lourd) réalisé pour les aménagements ne s'est pas accompagné d'un investissement dans un dispositif pérenne de suivi de la qualité des sols et des eaux. Or les problèmes posés sont beaucoup plus importants que prévu. L'économie de l'eau est une exigence, ne serait-ce que pour alléger les coûts du pompage, mais aussi pour limiter les effets négatifs de l'irrigation. Il s'agit, bien sûr, de l'engorgement des sols, largement favorisé par l'irrigation gravitaire depuis des canaux en terre. Mais cet apport d'eau a des conséquences plus négatives. D'une part, il s'avère que des sels marins ont été abandonnés dans tout le sous-sol de la région par la dernière transgression marine (en aval d



Bogué). Or les nappes superficielles deviennent infécondes dans les secteurs irrigués. Cette recharge s'accompagne systématiquement de remontées salines dans les périmètres. La salinité des périmètres villageois de la région de Nianga, ayant moins de dix ans d'ancienneté, a été multipliée par un facteur 5 à 10, et atteint les seuils de tolérance des espèces cultivées. D'autre part, l'eau d'irrigation - qui provient du fleuve - est alcalinisante. Une irrigation prolongée, en l'absence de drainage, provoquera inévitablement la dégradation des sols par alcalinisation. L'une des priorités du programme en cours est de définir dans l'espace et dans le temps l'ampleur des risques liés aux pratiques de gestion de l'eau. Un deuxième axe de recherche est l'établissement de nouvelles propositions pour la gestion de l'eau, à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation agricole et des unités de paysage.

Concrètement, cela suppose la mise en place d'un programme scientifique très large, puisqu'il faut travailler à la fois sur des problèmes de dynamique de l'eau dans la zone non saturée, dans les nappes et dans le réseau hydrographique, qu'il faut aborder les problèmes de transfert d'échelles et qu'il faudrait, enfin, envisager les problèmes de géochimie des solutions, d'échange sol/solution et de transferts couplés. Les études de terrain permettent de poser les problèmes, de les hiérarchiser et de définir les échelles pertinentes. Afin d'approcher les mécanismes, on a alors recours à des programmes plus fondamentaux développés à l'Orstom Dakar, ou sous forme de collaborations.

MAITRISE DE L'EAU ET CHOIX TECHNIQUES

La mutation de l'agriculture régionale, depuis le système traditionnel (culture de décrue), vers l'irrigation, est réelle et profonde. Si la culture de décrue est toujours pratiquée lorsqu'elle est possible (elle ne

demande pas d'intrants), la culture irriguée occupe à tous points de vue une place prépondérante. La pratique de la culture irriguée est multiforme : tous les types d'aménagements coexistent, les choix techniques sont des plus variés. L'exemple de la mécanisation est révélateur : sur des parcelles voisines, on verra se dérouler des opérations entièrement mécanisées, ou au contraire faisant largement appel au travail manuel. Le contexte actuel (désengagement de l'Etat, privatisation des filières) et la volonté des bailleurs de fonds ont conduit à transférer aux paysans la gestion des aménagements et ont favorisé la multiplication d'aménagements sommaires.

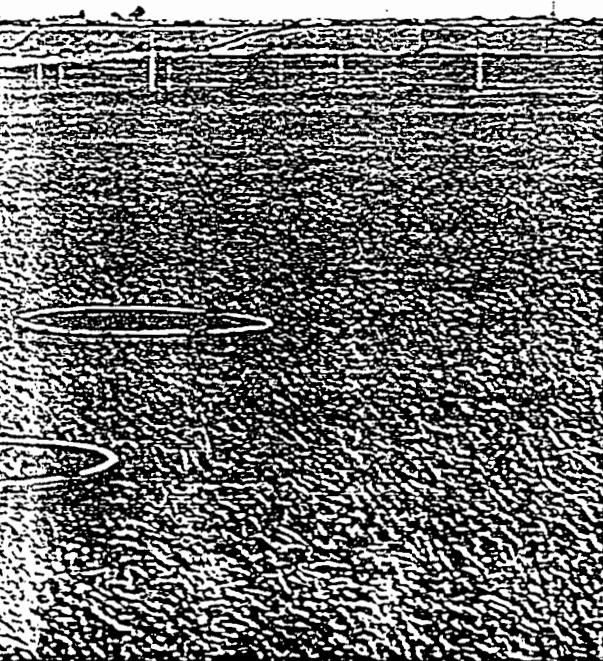
Les problèmes soulevés globalement concernent à la fois l'économie et le fonctionnement des filières de production, la compétitivité des productions vis-à-vis des importations, la rentabilité des spéculations, la performance technique des productions. Au niveau des exploitations, on note d'importants problèmes de maîtrise technique, qui limitent fortement les récoltes ; les exploitants évoquent une chute générale des rendements.

Deux grands axes complémentaires de travail s'offrent aux agronomes :

le premier concerne la conduite des systèmes de culture pratiqués actuellement par les paysans. L'objectif majeur est l'intensification par l'amélioration de la productivité du travail. Cette amélioration sous-entend d'une part une meilleure maîtrise du processus de production, tant à l'échelle de la parcelle, qu'à celles de l'exploitation agricole et du périmètre, et d'autre part un accroissement de l'intensité culturale grâce à la double culture.



Détail du plafond d'une case : la terre est posée sur des branches d'*Acacia nilotica*



Agricultura irrigada en el valle del río Senegal un enfoque pluridisciplinario

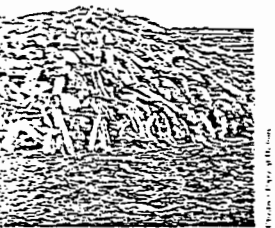
Desde 1990, el río Senegal se encuentra totalmente controlado por dos diques. El dique Diama, cerca de la desembocadura del río, evita la incursión del mar durante la época de sequía, mientras que el dique y la presa Manantali, en los tramos superiores, regulan el flujo de las crecientes. El sistema involucra a tres países: Malí, Mauritania y Senegal. La presa puede irrigar 240,000 hectáreas de tierra en Senegal y 350,000 en los tres países. El sistema tradicional de agricultura, que asocia estrechamente la cosecha de temporal con la ganadería, se ha visto seriamente afectado por la sequía. Actualmente, los agricultores se centran en la cosecha por irrigación de arroz, tomate y cebolla. Sin embargo, como consecuencia de dicho cambio, el valle del Senegal ha tenido que

enfrentar problemas tanto tecnológicos y ecológicos como socioeconómicos e institucionales.

El programa de investigación multidisciplinario en el que participan científicos del Instituto Senegalés de Investigación Agrícola (Isra) y Orstom está llevando a cabo un estudio a nivel local para evaluar la situación actual de la actividad agrícola y mejorar los sistemas de irrigación de las cosechas con el fin de lograr que su integración y durabilidad se vuelvan una realidad. Entre los diversos aspectos que los investigadores estudian actualmente se encuentra el impacto de la planeación de la irrigación por debajo del nivel óptimo y el control de los campos del agricultor: serios problemas de salinización y alcalinización se han registrado en varias zonas.



Forêt classée...
ce que les charbonniers
ont laissé.



Meule de charbon
dans une forêt classée :
les charbonniers
achèvent de couper
les dernières forêts
classées.
La sécheresse est-elle
réellement responsable
de la disparition des
forêts d'acacias?

Au-delà de problèmes purement techniques (enherbement, fertilisation, irrigation...) qui interviennent au long du processus de production, les paysans sont confrontés à des dysfonctionnements en amont et en aval de la filière qui influent directement (retards d'approvisionnement en intrants) ou indirectement (évacuation et paiement de la production) sur la conduite des cultures à l'échelle de la parcelle. La maîtrise technique ne concerne donc pas simplement l'agriculteur, mais également l'organisation paysanne qui a en charge la gestion des crédits de campagne, le fonctionnement et l'entretien du périmètre, la réalisation des travaux mécanisés ainsi que la commercialisation de la production.

Ces dysfonctionnements freinent également l'accroissement de l'intensité culturale, qui ne semble pas non plus un objectif prioritaire des paysans. Ces derniers cherchent plutôt une augmentation de la surface irriguée à travers l'attribution de parcelles dans plusieurs périmètres. Cette volonté correspond le plus souvent à une stratégie foncière, doublée d'un souci de "diversification" des productions (spécialisation des périmètres) et de répartition des risques liés à l'organisation des filières.

Le second axe de travail porte sur les possibilités de diversification des systèmes de culture irriguée. La diversification des productions est fortement motivée par des impératifs économiques et constitue un élément important dans la gestion des risques. En effet, la rentabilité de la filière rizicole est fréquemment remise en cause (mais la récente dévaluation du Franc CFA est susceptible de pro-

voquer de profonds bouleversements), et les productions actuelles de tomates et d'oignons se heurtent à un marché peu organisé (dans l'espace et dans le temps) qui est rapidement saturé.

De nombreux travaux, parfois très anciens, ont porté sur la diversification. Leurs résultats, généralement établis en stations expérimentales et culture par culture, présentent néanmoins des lacunes importantes. Ils n'abordent pas le problème de l'intégration de nouvelles spéculations dans les systèmes de culture (évolution des systèmes de culture, des successions culturales et des itinéraires techniques), ni les conditions de mise en place des filières de production correspondantes, à l'échelle locale et nationale, qui constituent un obstacle majeur à la diversification.

DES ÉCONOMIES FAMILIALES RECENTRÉES SUR LA CULTURE IRRIGUÉE

La restructuration du système agraire s'est effectuée autour de la culture irriguée, promue et en extension régulière, grâce à l'appui de l'Etat et des bailleurs de fonds. La transformation radicale des bases de l'économie familiale n'est pas homogène. Elle varie tant par ses composantes que par le niveau des ressources. Malgré un accès beaucoup plus égalitaire à la terre et aux moyens de production, la logique de différenciation des ressources, fondée notamment sur le statut social, n'a pas disparu.

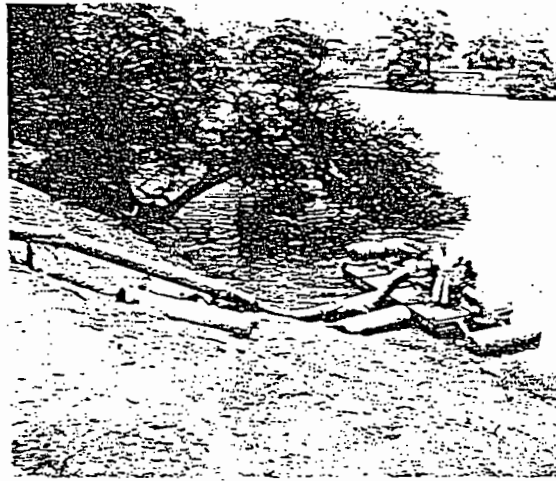
(suite page 22) ● ● ●

● ● ● (suite de la page 12)

A côté de la culture irriguée multiforme perdurent les cultures de décrue, et il y a encore des tentatives de cultiver en pluvial au début de chaque hivernage. L'élevage demeure une activité importante, à tel point que le recentrage sur l'irrigation ne touche qu'une partie des agro-pasteurs peuls. On constate même que l'élevage traditionnel tend à se couper des nouvelles formes d'agriculture (la faible intégration de l'élevage dans les systèmes irrigués apparaît, d'ailleurs, comme l'un des points centraux de la réflexion en cours). Par contre, certains cultivateurs thésaurisent dans du bétail qui consomme les sous-produits de l'agriculture irriguée.



Station de pompage d'un périmètre irrigué villageois. Le groupe motopompe est installé sur un ponton flottant.



A partir de 1980, le Sénégal met en oeuvre des plans d'ajustement structurel définis avec la Banque Mondiale et le Fonds Monétaire International. Depuis lors, le développement de la culture irriguée est confronté à la réduction des subventions à la production et au désengagement imposé à la SAED. Les effets recherchés par ces mesures sont essentiellement la réduction des dépenses publiques (masse salariale, subventions directes ...) et la libéralisation de l'économie.

Méandre du Doue (affluent du Sénégal) près du village de Mbantou.

Des dispositions institutionnelles et réglementaires visent à rendre l'environnement favorable à la mise en oeuvre de ces nouvelles orientations : création des communautés rurales gestionnaires de la plus grande partie des terres, création d'un nouveau cadre juridique - les Groupements d'Intérêt Economique - pour faciliter l'accès des organisations paysannes au crédit, création d'une banque rurale (la Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal).

Les revenus extra-agricoles deviennent localement plus importants du fait du développement du commerce et du salariat, mais les émigrés continuent à apporter leur contribution à l'économie des familles de la région. La permanence et le renouvellement de cette pluri-activité s'expliquent par l'insuffisance des surfaces aménagées dont sont dotées les exploitations familiales, par le coût de l'irrigation et par les risques économiques encourus.

Le changement de logique économique s'accompagne d'innovations sociales importantes. La dynamique associative se détermine par rapport aux terres aménagées : accès à la terre, accès au crédit, nouvelles formes de coopération pour le travail agricole, notamment pour la gestion de l'eau, enjeux pour la transformation et la commercialisation de la production. Les aspects organisationnels sont l'une des clés du devenir régional, et plus particulièrement de la performance future des systèmes irrigués.

L'ENVIRONNEMENT INSTITUTIONNEL

Jusqu'à ces dernières années, la SAED (société d'Etat) a eu en charge de promouvoir la culture irriguée, de gérer les aménagements et d'encadrer les paysans. Même si les objectifs initiaux n'ont pas été atteints, des résultats importants ont été acquis, mais au prix d'un coût financier et d'un endettement extrêmement importants pour l'Etat.

Irrigated farming in the Senegal river valley a multidisciplinary approach

Since 1990, the Senegal river has been controlled by two dams. The Diama dam near the mouth of the river prevents the incursion of sea water during the dry season, while the Manantali dam and reservoir, in the upper reaches, regulate flow at high water. The system concerns three countries: Mali, Mauritania and Senegal. The reservoir could potentially irrigate 240,000 ha. of land in Senegal and 350,000 hectares in all. The traditional farming system, based on flood recession crops in the valley from November to June, rainfed crops in unflooded areas from June to November, and cattle grazing, had been seriously affected by the drought. Now, farmers concentrate

on irrigated cropping of rice, tomatoes and onions. But the changeover has disrupted the Senegal valley in technical, ecological, socio-economic and institutional terms.

A multidisciplinary research program involving scientists from the Senegalese Institute of Agricultural Research (Isra) and Orstom is taking a local-level approach to assess the present farming situation and improve the irrigated crop systems to make them fully sustainable. Among the many aspects the researchers are examining is the impact of sub-optimal irrigation planning and management on farmers' fields: serious salinization or alkalinization of soils has occurred in many areas.

Face au désengagement de la SAED, les organisations paysannes (GIE, AVD, Unions...) développent des stratégies multiformes d'adaptation, de survie ou d'accumulation, en fonction d'objectifs économiques et sociaux très variables, dont les convergences avec les objectifs de l'Etat sont parfois douteuses. Par exemple, le fonctionnement des conseils ruraux gestionnaires de la terre manifeste une forte prégnance des pratiques traditionnelles. Les objectifs des organisations paysannes sont d'une grande diversité malgré des tentatives de fédération. Vu les faibles capacités techniques et financières des organisations paysannes, on peut s'interroger sur leur capacité à assurer les fonctions et les charges transférées par la SAED et à jouer le rôle dynamique d'opérateurs pour le développement de la vallée, sans un minimum de soutien de l'Etat.

Le financement de la culture irriguée pose des problèmes aigus. D'une part, les paysans se plaignent des taux d'intérêts élevés, de l'insuffisance de crédits à court terme et de l'absence de crédits à long terme et, d'autre part, la CNCAS ne rentre pas dans ses fonds du fait de fréquents non-remboursements.

Le fonctionnement de la filière rizicole nous renvoie inéluctablement à des considérations macro-économiques : répercussion des prélèvements directs et indirects, compétitivité de la filière dans les conditions du marché, effets de la dévaluation. Mais on a pu noter aussi que les considérations micro-économiques prennent parfois le pas : avant dévaluation, et alors que les décideurs s'accordaient à trouver la filière riz non rentable, les exploitants privilégiaient déjà de beaucoup la riziculture à toute autre spéculation. Les stratégies individuelles et collectives interagissent donc, de manière complexe, avec les facteurs macro-économiques.

LE PAYSAN, PIVOT DU DÉVELOPPEMENT

Les systèmes irrigués sont loin d'avoir atteint le niveau d'intégration et d'équilibre que connaissait l'agriculture traditionnelle. Le haut degré d'interaction entre les diverses composantes des systèmes irri-



gués apparaît comme une évidence. A la base des stratégies, se trouvent les problèmes fonciers et d'accès au crédit. Peut-on les ignorer lorsque l'on envisage le problème de l'aménagement ? La riziculture est un choix prioritaire. Peut-on réfléchir sur la diversification des cultures en ignorant l'activité principale à laquelle se consacrera impérativement chaque exploitant ? Les choix techniques en matière de gestion de l'eau peuvent être formulés à partir de considérations environnementales. Mais ils agissent fortement sur l'élaboration du rendement, et à une autre échelle, sur les problèmes de santé (endémies liées à l'eau). La naissance d'un débouché économique solide pour une production ne fera-t-il pas davantage évoluer les exploitants que des années de recherche en station et d'encadrement ? Les structures traditionnelles resurgissent à travers les organisations paysannes, mais ces dernières les font évoluer.

Il devient clair, pour le scientifique qui souhaite donner une dimension applicable à sa recherche, qu'il ne peut travailler de manière sectorielle et doit formuler ses questionnements sur la base d'une réflexion

Pour en savoir plus

Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée

du fleuve Sénégal, à paraître.

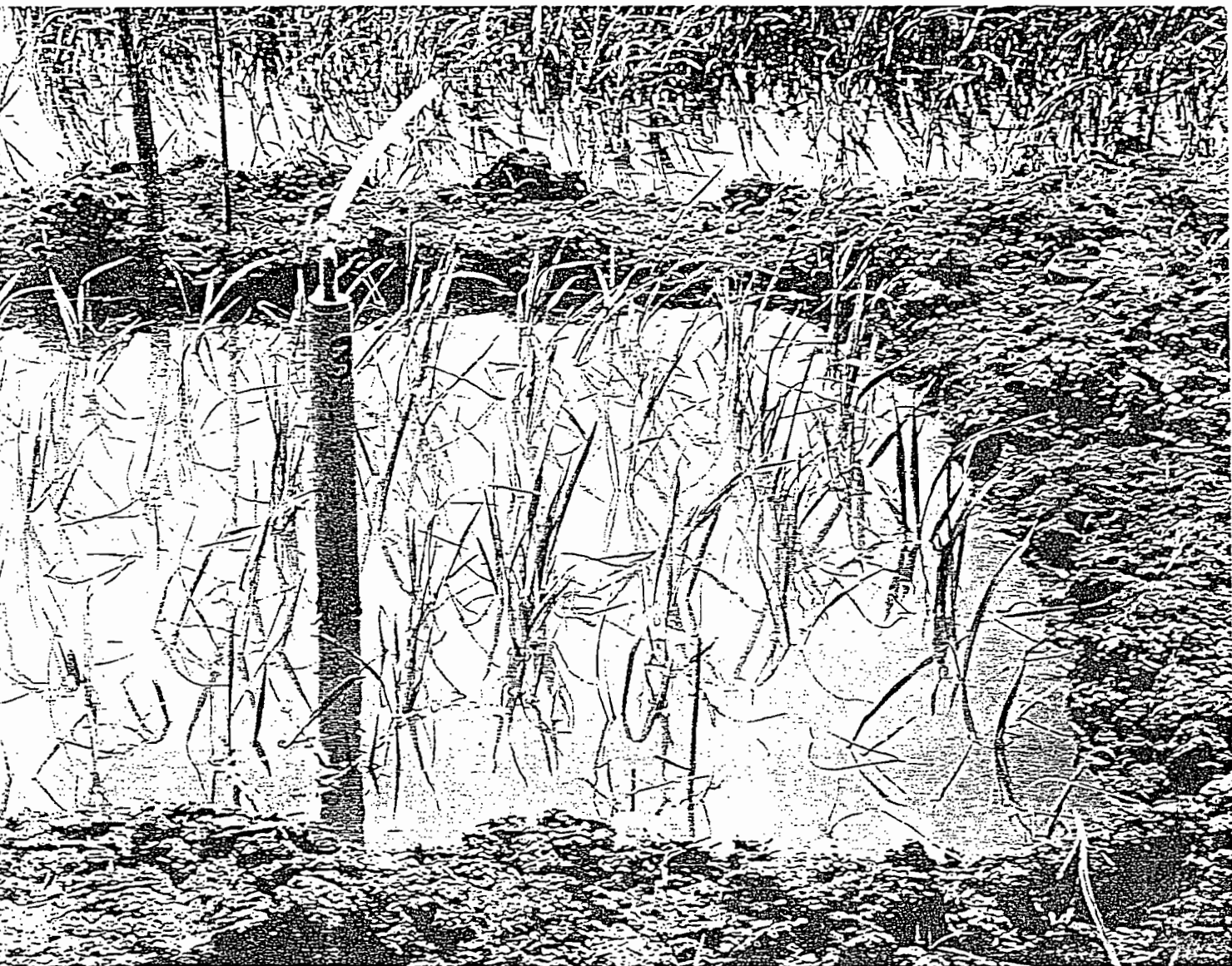
Sigles

ISRA : Institut Sénégalais de la Recherche Agricole
SAED : Société nationale d'Amenagement et d'Exploitation des terres du Delta du fleuve

Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé
AVD : Association Villageoise de Développement



Troupeau de zébus s'abreuvant



pluri-disciplinaire. Le choix de la pluri-disciplinarité doit être réel : les échelles d'espace et de temps sur lesquelles la recherche s'organise doivent être communes.

Une autre idée forte s'impose : les interlocuteurs et décideurs incontournables sont les paysans et leurs organisations (à l'échelle technique, c'est-à-dire généralement celle des aménagements). Ceci est encore renforcé par le désengagement de l'Etat. Les paysans exercent leur pouvoir de décision à tous les niveaux. Ils adaptent les différents thèmes techniques en fonction de leurs impératifs. Une dynamique profonde se manifeste chez les exploitants de la moyenne vallée. L'étude des systèmes de culture qu'ils pratiquent montre que les besoins en recherche agronomique ont évolué. De façon plus générale, les solutions recherchées doivent s'appuyer sur les motivations des exploitants : ainsi, seule l'appropriation par ces derniers d'une mesure conservatoire pour les sols permettra de rendre cette mesure effective. Le chercheur a donc tout intérêt à éviter de développer une recherche relevant de la science-fiction, parce que incompatible avec les systèmes qui devront l'intégrer.

Le secteur institutionnel, même dans le contexte actuel, ne pourra pas se dégager de toutes ses responsabilités. Par la mise en oeuvre de dispositifs de suivi du milieu, par les mesures d'incitation, par la gestion de l'information et de la formation, ou face aux problèmes de gestion de l'espace rural et du foncier, il doit intervenir pour que les projets de développement intégré et durable deviennent une réalité ■

Pascal Boivin

Département Eaux continentales.

UR "Dynamique et usage des hydrosystèmes locaux"

Ibrahima Dia

Institut Sénégalais de la Recherche Agricole

André Lericollais, Jean Christophe Poussin,

Christian Santoir

Département Milieux et Activité Agricole.

UR "Dynamique des systèmes de production et usages des ressources"

Sidy M. Seck

Chercheur diplômé Orstom, consultant

Micro-parcelle d'essai dans une rizière paysanne. Au centre se trouve une bougie poreuse pour le prélèvement de la solution du sol au cours du cycle cultural.

.....

III Synthèse des activités

Des activités à caractères technique et sociale.

Notre équipe de travail a eu l'occasion de réaliser de nombreuses activités. Nous allons cependant développer ici celles que j'ai pu moi même réaliser en n'oubliant pas le soutien des différents collaborateurs, techniciens et personnes locales qui ont contribué au bon déroulement des travaux. Pour cette synthèse, nous allons utiliser les rapports activités que j'ai réalisés tout les trois mois.

La réalisation des travaux s'articule autour du rythme des saisons de culture qui s'applique à la région de Podor. Comme nous avons pu le découvrir précédemment, nous avons travaillé au rythme de deux cultures par année. Chacune de ces cultures a nécessité la planification et la réalisation de nombreuses activités. Nous allons présenter les différentes actions réalisées et également les démarches suivies.

III - 1 Prise de connaissance et insertion dans le milieu.

III - 11 Première phase :

111 - Etude bibliographique dans différents domaines :
Géographique, pédologique, agronomique et hydrologie.

Thèmes généraux :

- la vallée du fleuve Sénégal (milieu physique, milieu social).
- le milieu paysan.
- les sols.
- la culture du riz.
- la gestion de l'eau.

Types de documents :

- les généralités.
- les bases scientifiques: pédologie, hydrologie.
- études spécifiques sur la région : enquêtes et rapports.
- analyse des systèmes de production.

112- Participation à l'atelier ISRA-ORSTOM :

" NIANGA, laboratoire de la culture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal"

Cet atelier était centré sur les enjeux du développement de la culture irriguée dans cette région. Il a permis de faire le point après une première phase de travail de trois ans. Il fut à l'origine de nombreux débats permettant d'évaluer les travaux déjà réalisés et d'envisager de nouvelles orientations pluridisciplinaires.

Les points forts qui me semblaient être apparus sont les suivants :

- La nécessité de faire la relation entre problèmes techniques et environnement socio-économique.

- La volonté de s'orienter vers une recherche plus proche des problèmes rencontrés sur le terrain par le milieu paysan.

Cette participation m'a permis de découvrir les différents domaines d'étude en place dans le secteur où je vais être amené à travailler, mais également de prendre contact avec un grand nombre de partenaires et d'acteurs du développement dans la moyenne vallée. Enfin, à travers les problèmes exposés par un représentant des organisations paysannes, nous avons pu nous rendre compte de l'importance des difficultés sur le terrain.

Cette rencontre a également été l'occasion d'autres prises de contact sous forme d'entretiens et de discussions avec des personnes qui ont déjà travaillé sur le secteur avec la population locale. Ceci dans le but de déterminer les lieux où nous pourrions développer les recherches et déterminer les interlocuteurs.

113 - Les premières missions : à la découverte d'un autre paysage.

Une première mission de courte durée, cette mission dans le secteur de Podor avec le responsable du programme avait pour but:

D'une part de découvrir le milieu physique et socio-économique à travers ses atouts et contraintes. D'autre part, de discuter avec des paysans et les membres de l'encadrement agricole des problèmes qu'ils peuvent rencontrer dans le cadre de leur " système de production ".

Au cours de la deuxième mission, J'ai bénéficié de bonnes relations qu'avait instaurées une sociologue avec des gens du village (Donaye) lors de ses études sur les regroupements de producteurs. Elle m' a permis également de prendre contact avec les personnes importantes de Donaye et des membres d' organisations paysannes, ce qui a facilité mon insertion.

Cette période au sein de la communauté villageoise a favorisé les discussions avec les paysans. Les informations recueillies ont servi à évaluer les difficultés rencontrées par les paysans (chute de rendement ...) dans le cadre de leurs cultures au sein des périmètres irrigués. Cette mission s'est terminée par des rencontres avec les agriculteurs et l'agronome de l'équipe qui effectue un suivi des parcelles afin de prévoir les nouveaux travaux.



- Réunion de paysans au bord du périmètre -

III - 12 Deuxième phase : Démarche pour choisir les activités à mettre en place.

Le développement qui va suivre est destiné à démontrer la démarche qui nous a permis de réaliser le plan des activités à mettre en place face aux problèmes rencontrés. Celui-ci n'était pas définitif car nous avons été amenés à le modifier au cours du temps en fonction des contraintes rencontrées sur le terrain et des résultats obtenus.

Dans un souci de synthèse, j'ai adopté une forme schématique qui permettra une lecture plus rapide et plus synthétique.

III - 121 Les différentes étapes de la démarche :

Dans un premier temps, j'ai consacré du temps à la découverte du milieu et à la compréhension de son fonctionnement. En second lieu, nous avons suivis le cheminement suivant :

Questions :	Les problèmes ?	Les causes ?
-------------	-----------------	--------------

Constatations : après - observation sur le terrain et discussion avec les acteurs.

- rendements faibles - difficultés économiques - chutes de rendement? - problèmes liés à la filière - Les coûts de production ?

A quel niveau se situe les problèmes à l'origine des faibles rendements ?

- facteurs de production	- pédologie - état des sols.
	- phytosanitaire - nématodes.
	- qualité des semences, fumure, irrigation.

- les façons de produire	- individu	- raisonnement de la fumure.
		- maîtrise de l'enherbement.

Impact de l'organisation sociale sur le	- collectif	- calage du calendrier cultural.
		- gestion de l'eau.

- approvisionnement en intrants.

Les hypothèses proviennent des suivis déjà réalisés, des discussions et des observations.

POURQUOI DES RENDEMENTS FAIBLES ?

Facteurs de production

Les hypothèses :

Le matériel minéral:

- la fumure répond-t-elle aux besoins ?
- quel est le comportement du phosphore et de la potasse dans le sol ?
- y a-t-il des problèmes de carence ?
- la salinité du sol pose-t-elle des difficultés?

Le matériel végétal :

- la qualité des semences, la propreté.
- la présence de nématodes et de certaines maladies.

Modalité d'utilisation des facteurs de productions

Les problèmes :

- lors de la mise en place de la culture (préparation, suivi).
- l'état du sol (nivellement, résidus).
- pour le raisonnement et l'application du plan de fumure.
- de maîtrise de l'enherbement.
- gestion de la lame d'eau.

Les choix des différents travaux ont été faits en concertation avec l'ensemble de l'équipe.

Comment essayer d'apporter des réponses aux hypothèses et aux problèmes posés ?

Pour les facteurs de production :

- réaliser des observations, des analyses et des suivis.
- travailler à l'échelle de parcelles et de micro parcelles.
- effectuer des essais en milieu paysan et en station.

Pour les modalités d'utilisation des facteurs de production :

Conduire des parcelles en milieu paysan :

- réaliser la culture du riz en collaboration avec les paysans.
- travailler dans des conditions du milieu avec les mêmes moyens de production ou des moyens légèrement différents mais abordables.
- travailler dans le même cadre de contraintes.

Les actions à mettre en place :

Pour les facteurs de production :

- différents essais de fumure.
- bilan du comportement du phosphore et de la potasse dans le sol.
- bilan des exportations des matières minérales.
- contrôle de la qualité des semences et des semences prégermées.
- bilan hydro-salin.
- contrôle des populations de Nématodes.
- analyse du sol et de son évolution sous culture irriguée.

Pour les modalités d'utilisation des facteurs de production :

- conduite de deux parcelles mises à notre disposition par des paysans dans le cadre de leurs périmètres irrigués.
- nous avons cherché à conduire au mieux ces parcelles de riz en fonction des différentes contraintes.

- la préparation du sol.
- la mise en place de la culture.
- le raisonnement de la fumure.
- la maîtrise de l'enherbement.
- la gestion de la lame d'eau.

Pour la réalisation de ces travaux, nous disposons des moyens suivants:

Le suivi des parcelles s'est fait en collaboration avec un C.S.N. (coopérant service national), moi-même avec le soutien de personnes embauchées localement en ce qui concerne la partie agronomie.

Nous avons bénéficié également de :

- l'appui de certains chercheurs des laboratoires de l'ORSTOM.
- suivi pédologique et hydrologique des sites réalisés par moi-même.
- conseils agronomiques.
- informations locales.
- parcelles mises à disposition par les paysans.



- Une des parcelles mise à disposition par les paysans -

III - 2 Le dispositif de recherche

La réalisation de nos objectifs passe par l'association de plusieurs démarches complémentaires :

- L'enquête
- L'observation et le suivi
- L'expérimentation

Le suivi de 8 agriculteurs s'est fait en commun avec le C.S.N., des observateurs locaux et moi-même. Pour les travaux agronomiques sur les parcelles expérimentales, nous avons eu chacun à effectuer les travaux avec l'aide des paysans.

Pour ma part, j'ai réalisé les actions nécessaires au test sur la fumure phosphorée et sur le dispositif de recherche pédologique.

III-21. Etude de cas : le suivi de 8 agriculteurs et de l'ensemble de leurs parcelles

Ce travail prolonge et élargit les études déjà menées durant la contre-saison chaude et l'hivernage 1993.

Il s'agit d'analyser les diverses modalités de mise en oeuvre par les paysans de l'agriculture irriguée, dans quelques situations "bien choisies". Le choix de ces situations doit permettre de révéler une large gamme de problèmes de gestion technique.

Notre échantillon comporte ainsi 8 agriculteurs, cultivant chacun plusieurs parcelles situées dans différents périmètres irrigués.

Par ailleurs, et parmi ces 8 agriculteurs, 2 ont un statut un peu particulier, dans la mesure où ils sont associés à la conduite de nos parcelles expérimentales.

En plus des observations classiques, nous suivons chez eux (dans les parcelles avoisinant nos stations) l'élaboration du rendement du riz, et ce pour se doter d'un élément de comparaison fiable.

III - 22. Conduite et mise en place de deux parcelles expérimentales

Cette démarche est justifiée par le fait que nous voulons tester plusieurs hypothèses, et pour cela avoir une certaine liberté afin de maîtriser la conduite de la parcelle.

Toutefois, nous nous plaçons dans le même système de contraintes que le paysan, vis-à-vis notamment des décisions collectives, et nous utilisons un bagage technique qu'il est tout à fait capable d'intégrer et de mettre en œuvre.

Avec ces deux parcelles nous souhaitons apporter des éléments tangibles sur les conséquences des pratiques agricoles, tant au niveau agronomique qu'au niveau de l'évolution des propriétés physico-chimiques de l'eau et du sol.

Caractéristiques des 2 parcelles

Parcelle n°1 :

Propriétaire : Ibrahima DIACK

Périmètre : SUMA Guia III

Surface : 0.23 ha

Sols : relativement légers, de type faux holaldé

Gestion de l'eau : station de pompage gérée par l'union des SUMA, réseau de drainage

Matériel agricole : tracteur, offset et batteuse en propriété

Gestion du crédit : SUMA et union des SUMA

Système de culture : double riziculture

Particularités : demi-parcelle séparée de l'autre moitié par une diguette intermédiaire

Parcelle n°2 :

Propriétaire : Mamoudou N'DIAYE

Périmètre : Donaye IT1

Surface : 0.33 ha

Sols : lourds, de type holaldé

Gestion de l'eau : 1 GMP, mécanicien salarié, tour d'eau entre secteurs et entre parcelles, pas de réseau de drainage

Matériel agricole : travail du sol et récolte mécanisée par un prestataire

Gestion du crédit : GIE + coopérative, fonds de roulement

Système de culture : succession riz CSC, tomate-oignon CSF, riz Hiv

Ces parcelles ont été semées en riz pour la contre-saison chaude 1994 avec la variété Aïwu (petite surface avec la variété TNA à Donaye).

Nous précisons les itinéraires techniques suivis et les états de surface observés à la fin de la campagne au moment de la publication de nos résultats.

III - 221. Le dispositif de recherche agronomique

a) Stations de suivi de l'élaboration du rendement:

Elles ont pour but de repérer les stades-clés lors de la croissance du riz.

Chaque station mesure 2m*2m, et comprend 4 sous-stations individualisées permettant des répétitions lors du traitement des données.

4 stations ont été installées sur le site de Guia, et 6 sur le site de Donaye.

Observations réalisées sur ces stations

Au semis : Comptage du nombre de graines semées

 Comptage du nombre de graines germées

Durant la levée : Comptage régulier de la densité de population du riz et des adventices

A l'initiation paniculaire :

 Comptage du nombre de pieds

 Comptage du nombre de talles

 Biomasse aérienne du riz et des adventices en mesurant le poids sec après passage à l'étuve à 80°C

A 80 % de maturité :

 Comptage du nombre d'épis (fertiles + stériles)

 Comptage du nombre de grains (fertiles + stériles)

 Mesure du poids de 1000 grains pleins

Ces stations ne sont pas des stations expérimentales destinées à la construction de modèles agrophysiologiques. Il s'agit plutôt de se doter d'un dispositif de contrôle permettant de repérer les phases où sont apparus les problèmes, et de relier les résultats obtenus aux pratiques culturales de l'agriculteur.

En conséquence, la valorisation de nos observations passera par la décomposition du rendement selon un modèle du type :

$$\text{Rdt} = \text{Poids 1000grains} * \text{Nb grains}$$

avec :

Poids 1000 grains = f(eau, nutrition azotée)

Nb grains = f(Nb épis, croissance des épis, stérilité)

Nb épis = f(Biomasse aérienne IP, azote)

Biomasse aérienne IP = f(Nb pieds, azote)

L'élaboration de chacune des composantes correspond à une phase du cycle du riz. En tenant compte des corrélations entre ces différentes variables, nous pourrions détecter les stades où la culture a été en difficulté, et donc proposer des alternatives techniques pouvant apporter des solutions.



- Riz à maturité -

b) Test sur la fumure phosphorée:

Nous nous interrogeons sur l'utilisation du phosphore par les plantes, et sur un éventuel blocage de cet élément dans le sol. En particulier, quelle est l'efficacité de la formulation 18.46.0, majoritairement employée pour la culture du riz ?

Pour apporter des éléments de réponse, 5 micro parcelles ont été installées sur le site de Donaye, et reprennent le schéma expérimental suivant :

Microparcelle	n°1	n°2	n°3	n°4	n°5
Taille			1 m ²		
Culture			Repiquage riz variété Aïwu 200 pieds/m ²		
Traitement phyto			Propanyl 10l/ha		
Fertilisation :					
- 2 apports urée	15g+20g	10g+20g	10g+20g	15g+20g	15g+20g
- Engrais de fond	témoin=0	10g 18.46.0	25g 8.18.27	20g déchets P	20g phospho- gypse

Des bougies poreuses ont été placées sur chaque microparcelle, à 15-20 cm de profondeur, de manière à pouvoir inspecter l'horizon du sol disponible pour les racines. Des prélèvements de la solution du sol sont régulièrement effectués pour un dosage des différents éléments minéraux, notamment azote, phosphore^{am} et potassium. Nous déterminerons ainsi la quantité réellement assimilable par la plante.

c) Station de suivi des températures:

Un poste météo sous abri a été installé dans le village de Donaye. Un relevé quotidien des températures minimale et maximale y est effectué.

Le principal intérêt de cette démarche est de pouvoir intégrer nos données dans un modèle mathématique de croissance du riz, basé sur les sommes de températures.

Connaissant la date de semis, il est alors possible de restituer a posteriori les différents stades de la culture, et donc de juger de l'opportunité des opérations pratiquées par l'agriculteur.

III - 222 Le dispositif de recherche pédologique

Matériel et méthode

Pourquoi le site de Donaye :

Il s'agit d'un cas très intéressant qui est reproduit plusieurs fois dans le secteur. Dans ce type d'aménagement, il n'y a pas de drainage, ce qui implique une forte concentration des eaux car elles ne peuvent être évacuées que par infiltration ou évapotranspiration. De plus, leur situation géographique nous permet d'effectuer des comparaisons avec des zones non aménagées.

- repérage

prélèvements plus analyse de sol afin de mieux connaître le support.

La gestion de l'eau :

- échelle du périmètre

- échelle de la parcelle.

Nous chercherons à déterminer :

1 - le bilan hydrique

11 - les volumes d'eau dans le sol, leur évolution.

- mesures d'humidité pondérales

prélèvements à la tarière

- mesures de la densité du sol (sonde gamma-densimétrique)

111 - les volumes apportés :

- mesures du débit des siphons en fonction du niveau d'eau dans le canal.

- relevé des différents éléments à chaque irrigation.

Hauteur d'eau :

- trois échelles ont été placées pour le suivi de la lame d'eau

mesure de l'eau apporté et perdu.

- topographie, élément de vérification des volumes à confronter avec les volumes calculés à partir des siphons.

La topographie est reliée à un même repère ce qui permet de faire la relation avec l'ensemble du dispositif.

112 les pertes:

Evapotranspiration et infiltration:

- les pertes par évapotranspiration
suivi de la lame d'eau dans un lysimètre.
cuve étanche de 0,36 m² contenant la terre du site ou il a été placé.
le riz y est entretenu de la même façon que dans la parcelle.
- les pertes par infiltration et évapotranspiration
suivi de la hauteur d'eau dans trois anneaux enfoncé de 25 cm dans le sol
d'une surface de 0,88 m².

Hauteur de la nappe:

- six piézomètres ont été placés pour permettre le suivi des variations de la nappe.
ce dispositif permet un contrôle quotidien des mouvements de la nappe.

La solution du sol:

- un dispositif de trois bougies poreuses placé respectivement à 20, 40 et 60 cm de profondeur a été placé à trois endroit différents.
Des prélèvements d'eau sont effectués avant et après toute opération pouvant modifier la solution du sol afin de connaître ses caractéristiques et son évolution.

2 Les éléments du bilan salin.

carte de conductivité électrique:

Mesure de la conductivité de la parcelle.

Cette carte permet d'obtenir une bonne caractérisation des poches de sel et leur disposition dans l'espace.

conductivité de l'eau:

Nous suivons la conductivité de la nappe phréatique, en effectuant des prélèvements dans les différents piézomètres. Ces échantillons nous permettent également de mesurer le pH de l'eau prélevée.

La structure du sol :

Quel est l'impact de plusieurs années de culture sur la structure du sol?

Quelles sont les évolutions éventuelles ?



- Fissuration du sol -

Une progression raisonnée des dispositifs de terrain en fonction des premiers résultats :

Suite à la mise en place de ce dispositif et au recueil des informations, nous avons obtenu des premiers résultats que nous aborderons dans le prochain chapitre. Ces résultats ont permis de modifier et d'adapter le dispositif que nous avons mis en place.

Nous remettons en place une culture de riz pour l'hivernage avec un protocole particulier en ce qui concerne la lutte contre les nématodes et les problèmes de maîtrise de l'enherbement.

Le suivi permettant l'élaboration du rendement sera à nouveau reconduit.

Parallèlement, nous continuerons le suivi du régime hydrique et de la qualité des eaux.

Le dispositif Géochimique qui permet de suivre l'évolution de la solution du sol sous culture par l'intermédiaire des bougies poreuses, va être complété. Des prélèvements de sol traités par centrifugation pour obtenir la solution du sol permettront d'effectuer des analyses complémentaires. Ceci dans le but d'obtenir confirmation des premiers éléments constatés lors de la campagne de contre saison chaude en ce qui concerne les risques de dégradation des sols.

De plus, pour les mêmes raisons nous allons effectuer ce type de prélèvements au stade de l'initiation paniculaire du riz sur un grand nombre de périmètre ou des études ont déjà été réalisées et sur les périmètres qui auront été le support de mes enquêtes. Nous chercherons à vérifier si les éléments observés au niveau de ma parcelle d'essai se retrouvent dans d'autres périmètres de cette micro région.

Dans le cas présent, nous avons demandé à certains stagiaires d'effectuer des travaux sur des points précis de façon à progresser dans nos recherches.

Nous avons également porté notre attention sur la comparaison entre l'implantation du riz par la méthode du semis direct et celle du repiquage.

En ce qui concerne les tests d'efficacité des diverses formulations d'engrais ou d'amendement, il ne nous est pas paru nécessaire de poursuivre les essais au regard des résultats obtenus lors de la première campagne (cf chapitre résultat).

Pour le suivi des huit agriculteurs, nous assurerons la continuité des opérations réalisées. Nous compléterons le dispositif par la mise en place de stations d'élaborations du rendement dans chaque parcelle de riz cultivée par les paysans. Ces stations nous permettront également de suivre la dynamique de la population de nématodes. Ce dispositif doit nous permettre d'évaluer l'importance de ce facteur au niveau des rendements de la culture de riz sur différents périmètres.

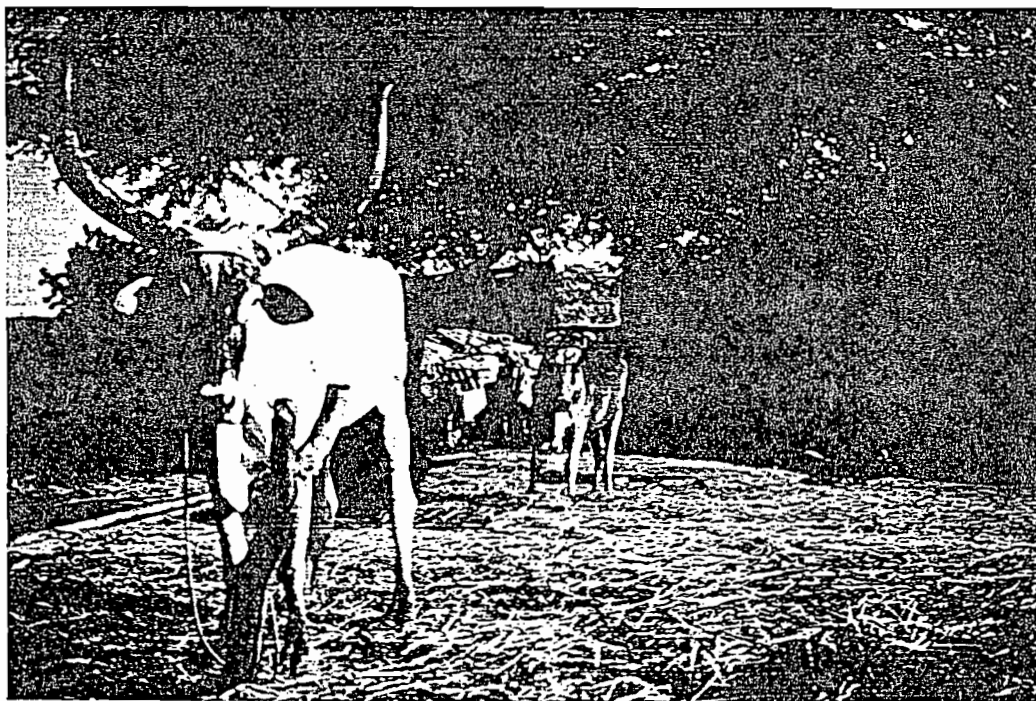
Un financement complémentaire accordé par le F.E.D. :

Ce développement du dispositif et l'extension de nos secteurs de mesure avait un coût financier qui nous était difficile d'assumer. L'intérêt que portait le F.E.D. à nos premiers résultats nous a amené à établir une demande de financement destiné à couvrir les frais de nos études pour l'hivernage et financer une partie des travaux des stagiaires.

En effet, cet ensemble d'étude intéresse particulièrement le F.E.D., car il peut être déterminant pour l'avenir des périmètres irrigués et l'amélioration des cultures de la région. De ce fait, nous avons sollicité son soutien financier afin de poursuivre et élargir nos expérimentations pendant la période d'hivernage.

Cette demande a été réalisée à partir du dispositif mis en place pour 1994. La majeure partie de mes travaux ont fortement contribué à cet accord. Les enquêtes que j'ai réalisées font également partie de cette demande et certains périmètres F.E.D. font partie du secteur qui a été étudié.

Le soutien financier du F.E.D. a été accordé pour un montant de 73 KFF, avec un échéancier de paiement et de remise de rapport. Dans la mesure où ce premier accord apporte les résultats escomptés, nous pouvons espérer poursuivre cette collaboration dans l'avenir.



- Boeufs d' un projet F.E.D. -

III - 23. Enquête sur la chute des rendements:

Nous utiliserons les sources d'information suivantes:

- * Les enregistrements réalisés par certains membres des groupements paysans.
- * Des données provenant d'entretiens avec les paysans
- * Des informations recueillies avec l'aide des organismes d'encadrement.
- * Documents élaborés par des organismes de recherche et de développement.

La confrontation des informations permettra aux différents interlocuteurs d'évoquer les raisons qui peuvent justifier le niveau des rendements.

1 - Mise en place de l'enquête:

1.1 Objectif:

Cette enquête a pour but de cerner le contexte actuel de production à l'échelle d'une micro-région. Nous chercherons à confronter la perception paysanne d'une baisse des rendements à leur évolution réelle. Nous souhaitons identifier certains facteurs qui pourraient expliquer les variations de rendement. Dans le même temps, nous réalisons une enquête sur les coûts de production à l'échelle de la parcelle et du périmètre pour connaître leur évolution et mesurer les conséquences de la dévaluation du franc CFA . Nous chercherons à être le plus couvrant possible afin d'obtenir une bonne représentation de la situation des différentes formes de périmètre que l'on rencontre au niveau de la communauté rurale.

1.2 Dispositif et Démarche:

Tout d'abord, j'ai réalisé un questionnaire à partir des informations que je possédais et des objectifs fixés. Ce questionnaire a été testé puis retravaillé par les personnes de mon encadrement. Puis nous avons commencé l'enquête.

J'utilise le service de deux enquêteurs qui connaissent bien le milieu et dont l'un d'entre eux travaille depuis une dizaine d'années dans la zone des périmètres irrigués. Les premiers contacts ont été pris dans le cadre d'une réunion organisée par l'UJAK. Celle-ci a permis de présenter les objectifs et de nouer des relations avec des personnes ressources qui représentaient nos premiers contacts au sein des différents villages où doit être réalisée l'enquête.

Dans un premier temps, nous nous sommes rendus dans les différents villages pour prendre des rendez-vous avec les dirigeants et certains paysans des périmètres. Ceci avec l'aide et le conseil des personnes ressources.

En second lieu, les enquêteurs réalisent un premier travail pour obtenir les renseignements qui permettent de remplir les fiches de présentation des périmètres et de compléter l'historique des itinéraires techniques et des cultures qui se sont succédées sur les surfaces cultivées.

La deuxième phase de travail, après lecture des premières fiches consiste à compléter la feuille de discussion. Ceci se fera avec ma participation dans la majeure partie des cas. Nous chercherons à travers les questions posées aux paysans à obtenir des informations les plus fiables possibles, par l'intermédiaire de recoupement et de reformulation. J'ai dû me séparer de l'un des enquêteurs pour cause de manque de "fiabilité".

Généralement, les difficultés se situent au niveau de l'obtention des données chiffrées.

Le recueil des informations auprès des organismes d'encadrement et de développement n'est pas des plus fructueux, car la documentation semble difficile à gérer pour leurs différents responsables face à la succession de leurs collaborateurs.

Cependant les échanges semblent possibles et l'intérêt que porte le F.E.D. aux premiers résultats de nos investigations est là pour confirmer cette impression.

1.3 Réalisation pratique:

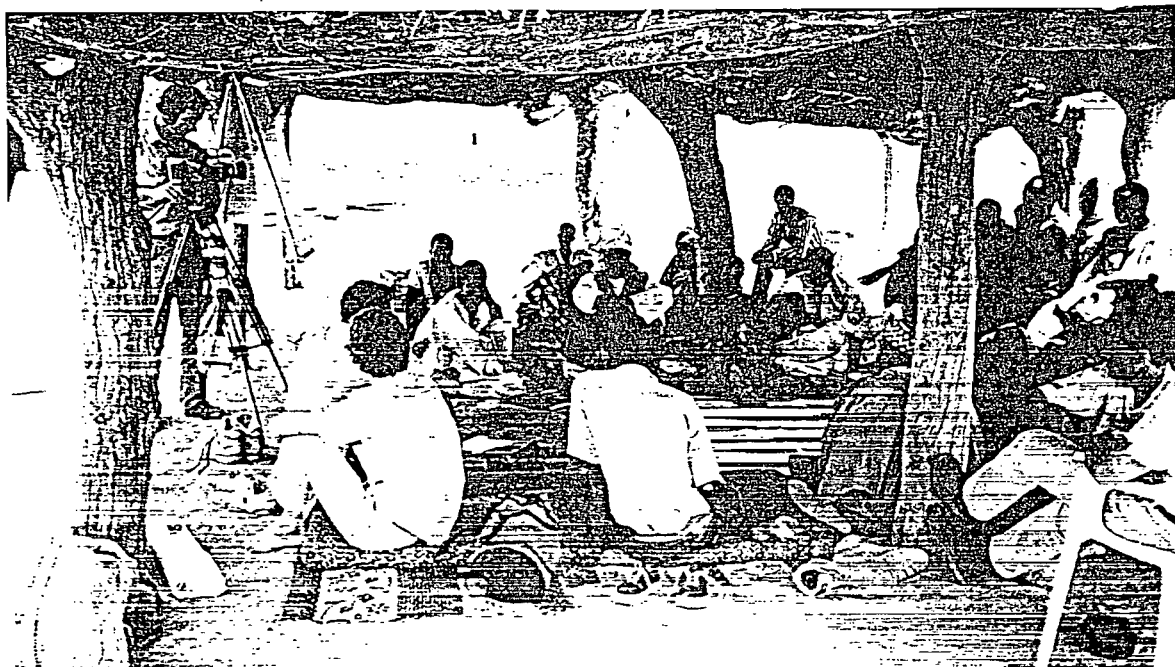
Nous avons effectué cette recherche d'information dans six villages différents. Dans chacun d'eux, trois à quatre périmètres avec des caractéristiques différentes ont été étudiés.

La rencontre du responsable du périmètre et d'au moins deux paysans a permis d'obtenir de nombreuses informations à l'aide du questionnaire et de discussion avec nos personnes ressources. Le nombre de personnes interrogées peut paraître faible, mais il nous était difficile d'élargir notre action pour des contraintes de temps et d'argent. Cependant le choix a été difficile car nous avions besoin d'informations chiffrées. Il faut donc être conscient que les personnes rencontrées devaient avoir enregistré ces informations et ceci peut créer un biais car tous les paysans ne sont pas capables de réaliser ces enregistrements. Il faudra donc en tenir compte lors de l'interprétation des résultats.

Les résultats de l'enquête seront synthétisés dans le cadre du chapitre consacré aux résultats.

Une synthèse avec les paysans

A la fin des deux saisons de culture et avant que je quitte mon poste, nous avons décidé de faire une réunion de concertation avec les paysans et certains acteurs locaux pour discuter de l'ensemble des travaux que nous avons réalisés avec eux. Nous avons également filmé et enregistré celle-ci afin de garder un support de travail pour effectuer des recherches dans le domaine de la communication. Nous reviendrons sur ce sujet dans le cadre du chapitre sur les résultats.



- Photo de la réunion -

D'autres activités multiples :

Des fonctions de gestionnaire et de logisticien non négligeable.

En effet, au travers de tous ces travaux menés en équipe ou de façon individuel, la logistique de terrain avait également une part prépondérante. L'éloignement de la région de travail demandait une gestion et une organisation convenable de l'ensemble des transports, mais également, de maintenir le campement qui nous servait de base dans un état le plus fonctionnel possible en tenant compte des contraintes du milieu.

Ma connaissance et mon insertion dans le milieu et auprès des populations locales, m'ont également amené à encadrer ou conseiller certaines personnes ou stagiaires qui avait des missions de terrain à réaliser.

Cette présence accrue sur le terrain m'a permis également de réaliser de nombreuses photos, dont certaines font parti de l'article contenu dans ce rapport. D'autre devraient faire la couverture de l'ouvrage consacré à l'atelier qui reprend les thèmes développés lors de l'atelier consacré à l'agriculture irriguée.

L'ensemble des travaux que j'ai effectué sur le terrain m'ont également amené à traiter de manière informatique un grand nombre de données. J'ai pu bénéficier de l'aide de mes encadreurs lors de l'analyse scientifique des résultats et pour la rédaction des conclusions.

J'ai pu également exercer les fonctions d'ingénieur au sein du laboratoire de pédologie de Dakar pendant des périodes où j'étais amené à y travailler et notamment à la fin de mon séjour après le départ de l'ingénieur du laboratoire.

Des travaux enrichissants mais pas exempts de difficultés :

Les actions que nous avons mené ont fait intervenir de nombreux acteurs. Il n'a pas toujours été facile d'arriver à concilier les intérêts de chacun tout en préservant les choix que nous avons pu faire lors de la mise en place des actions.

De même, les conditions climatiques et les aléas liés à l'environnement ont parfois été un frein au bon déroulement de nos travaux. Il a également fallu faire preuve de capacité d'adaptation pour résoudre des difficultés liées à des défaillances mécaniques.

La majeure partie de nos travaux se sont réalisés avec l'aide et le soutien des personnes locales, ce qui a permis de développer nos relations mais cette collaboration n'a pas toujours été une chose facile à gérer surtout au début de mon séjour. Ces difficultés n'ont cependant pas diminué l'intérêt que je porte à ce travail et aux nombreuses personnes que j'ai eu l'occasion de rencontrer.



- Vue du campement -

Vous avez pu découvrir sous forme de synthèse l'ensemble des travaux que j'ai pu réaliser seul ou avec l'aide de l'équipe. Dans le chapitre suivant, nous allons présenter une synthèse de ces résultats qui pour certains ont déjà fait l'objet de rédaction de documents dont certains seront placés en annexe.

IV - Des études toujours en progression mais des résultats déjà significatifs.

IV - 1 Les progressions dans le domaine agronomique.

Le rapport de campagne de contre saison chaude 1994 rédigé par M. Poussin reprend une grande partie des résultats du domaine agronomique. Il a été rédigé à partir de mes travaux en ce qui concerne le test sur les différentes formulations d'engrais phosphorés. Pour la deuxième partie consacrée aux parcelles expérimentales, il correspond aux travaux effectués par le C.S.N. et moi même.

Nous aborderons également les résultats de la deuxième campagne afin de présenter des hypothèses ou des conclusions fondées sur un plus grand nombre de points étudiés. Nous n'allons donc reprendre que les grandes lignes des conclusions en laissant le soin aux lecteurs intéressés de consulter l'intégralité du rapport situé en annexe. Il en sera de même pour certains des autres résultats.

IV - 11 Résultats des tests sur la fumure phosphorée:

Les essais réalisés avaient pour premier objectif de vérifier l'hypothèse d'un éventuel blocage du phosphore et le test de différentes formulations d'engrais et d'amendements, notamment l'utilisation de déchets phosphatés d'un faible coût financier qui contiennent une forte proportion de phosphore peu soluble. Les résultats et les observations que j'ai réalisés à partir du dispositif mis en place ont montré qu'une élévation du pH du sol se produisait pendant le cycle de la culture. Cet élément que nous développeront dans un prochain paragraphe est très important car la solubilisation du phosphore nécessite un pH acide. Par conséquent, nous ne pouvons pas envisager l'utilisation de ce type de fertilisation azotée qui aurait pourtant permis de réduire le coût d'achat des engrais.

Les résultats des analyses d'eaux effectuées à partir des prélèvements en bougie poreuse n'ont pas donné des écarts significatifs. Nous ne pouvons donc pas utiliser directement ces éléments. Par ailleurs, l'utilisation de bougies poreuses ne semble pas être bien adaptée pour la mesure du phosphore.

De plus les nombreuses analyses de sol ont permis de révéler des quantités importantes de phosphore dans le sol. Il ne semble donc pas que le phosphore soit un des facteurs le plus limitant en ce qui concerne la baisse des rendements.

IV - 12 La conduite de parcelles expérimentales & le suivi des agriculteurs.

Nous avons cherché lors de la mise en place de ce dispositif à tester divers hypothèses explicatives des mauvais rendements dont se plaignaient les paysans.

Dans le cadre de nos parcelles, l'enherbement et les fortes températures ont été les plus grands facteurs limitant de la production. Le relevé de température effectué chaque jour a permis de mieux comprendre le problème de stérilité qui a été observé à la récolte. Mais ce ne sont pas les seuls facteurs, des zones de jaunissement et des mesures d'infestation de nématodes nous le confirment. L'élévation du pH du sol en fin de cycle n'est peut-être pas non plus sans effet sur le rendement.

Lors de la deuxième campagne, nous avons pu également mettre en évidence une corrélation entre l'infestation des nématodes et le cycle végétatif de la plante.

Les retards lors de la mise en culture et par conséquent le non respect du calendrier cultural semblent également être à l'origine de certaines chutes de rendement. Le manque d'encadrement et de conseils ne facilite pas les choses et en particulier pour ces dernières années.

Ces éléments sont à mettre en relation avec les problèmes liés à la gestion collective de la culture irriguée. En effet, la décision de démarrer la culture et donc de mettre en fonction le système d'irrigation se fait par l'intermédiaire des organisations paysannes.

L'un des facteurs clef pour le démarrage de la culture est souvent l'accès au financement pour pouvoir financer la campagne. Le travail du sol, dans certains cas demande également l'intervention de personnes extérieures. Il en est de même pour la récolte mécanisée.

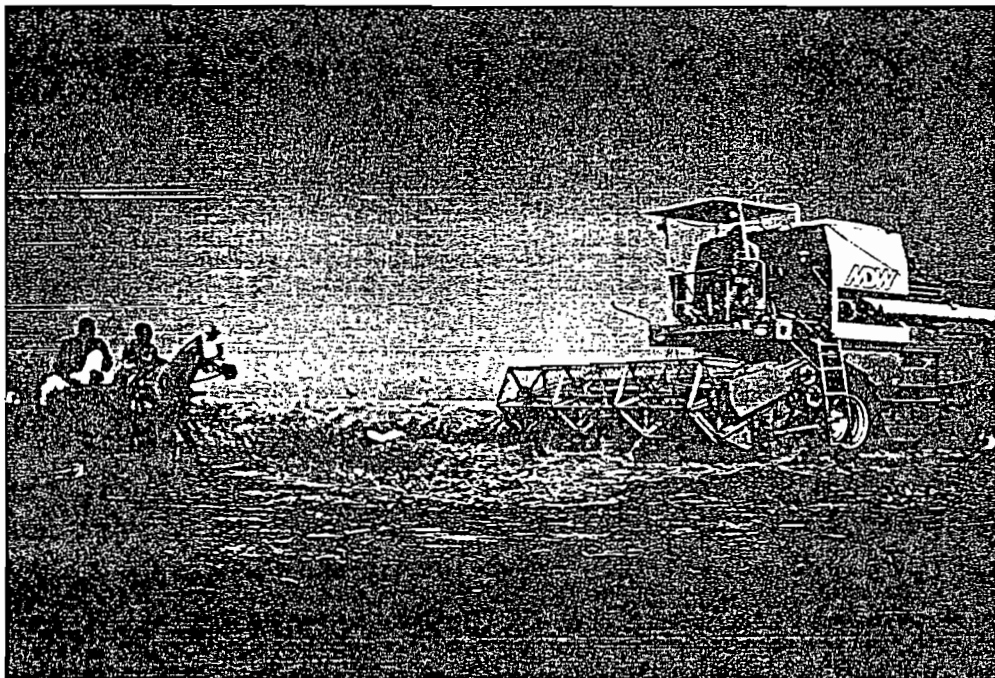
Nous pouvons constater ici le poids que peuvent avoir les différents acteurs qui se situent en amont ou en aval de la filière. Les répercussions de ces différents points sont lourdes de conséquence sur la production de riz au niveau des paysans.

Les éléments qui conditionnent le démarrage de la culture influent également sur les choix que peut faire le paysan ou le groupement pour la mise en place de la culture. Ils influenceront notamment sur le choix de mettre en place la culture sous la forme d'un semis direct ou d'un repiquage. Nous pouvons trouver ces éléments dans l'article consacré au semis direct et au repiquage dans la moyenne vallée du Sénégal placé en annexe. Cet article est basé sur les pratiques paysannes recueillies lors du suivi des huit agriculteurs que nous avons réalisés.

De plus, la culture irriguée prend de plus en plus de place au niveau de cette société traditionnelle et l'on peut s'interroger sur les capacités et la volonté de celle-ci à acquérir les compétences nécessaires à la bonne réalisation de cette culture.

Un écart important sépare ce mode de culture aux cultures traditionnelles. En effet, bien que vouée à l'autoconsommation, la culture du riz dans cette région nécessite des intrants et comporte beaucoup plus de contrainte en terme de temps et de suivi.

La présence de nombreuses adventices dans les parcelles est généralement dû à une mauvaise maîtrise de la méthode de désherbage ou simplement à une application trop tardive des traitements et à un non respect des doses recommandées. Ces ensembles de point ont été vérifiés à partir des résultats de l'enquête.



- Un face à face entre tradition et modernité -

IV-2 Une enquête aux résultats confirmant les inquiétudes des paysans et interrogative pour les dirigeants.

Nous ne redévelopperons pas ici la démarche ni la méthode employée lors de cette enquête qui ont déjà été traités précédemment. Nous allons nous attacher à présenter de façon synthétique les résultats de notre enquête dont les thèmes principaux étaient la chute des rendements et l'évolution des coûts de productions.

IV - 21 Un encadrement aux lourdes responsabilités.

Nous avons pu découvrir que l'évolution de la culture de riz et son état actuel avait été et est fortement liée aux différentes formes d'encadrement dont elle peut bénéficier. Le désengagement actuel des différents encadrements et l'évolution de la politique agricole locale ne sont pas sans conséquence sur les capacités de production des paysans.

211 - Les Difficultés rencontrées par les paysans suite aux différentes formes de désengagement :

- manque d'organisation permettant la planification des opérations à réaliser.
- problème pour gérer le calendrier de campagne, notamment en début de saison.

- * manque de conseils sur les dates d'interventions.

- difficultés de financement des campagnes.

- arrêt des mises à disposition des semences, engrais, produits de traitement.

- * manque de connaissance et de moyens pour l'application des différents intrants.

- absence de propositions et de conseils pour favoriser les rotations.

212 - Les répercussions sur la culture :

Nous avons pu observer dans la totalité des périmètres support de l'enquête, un retard important lors de la mise en place de la culture. Ces retards sont lourds de conséquence notamment dans les cas où les paysans pratiquent la double culture.

Dans ces cas précis, les risques de baisse du rendement liées aux particularités climatique de la région, (forte chaleur ou période froide) sont d'autant plus amplifiés.

De plus, les paysans rencontrent de plus en plus de difficultés pour respecter les délais du calendrier cultural qui leur permettraient de profiter au mieux des potentialités de la culture.

La généralisation du manque de produits phytosanitaire et d'engrais amplifiée par l'augmentation de leurs coûts provoqués par la dévaluation du franc CFA provoque également une dégradation de la production de riz.

En effet, on assiste à une généralisation du développement de l'enherbement et à la prolifération de nombreuses adventices de plus en plus difficile à combattre. L'envahissement des parcelles par les mauvaises herbes est également favorisé par la monoculture et le manque de rotation. Nous assistons également à une dégradation des semences auto produites par leur manque de pureté. Ces éléments favorisent le développement de plante de la même famille que le riz qui deviennent concurrentes et donc réduisent les capacités de production de la culture.

213 - Des conséquences graves pour l'avenir de la culture irriguée dans la région.

a - Une chute des rendements généralisée!

Au travers de l'analyse des résultats de l'enquête, on constate une généralisation de la chute des rendements de la culture du riz d'une valeur plus ou moins importante qui peut dépasser 70 % dans certains cas.

Cette chute à diverses raisons, mais d'après les paysans et nos observations, elle semble être liée essentiellement au point suivant:

- manque de conseils.
- développement de l'enherbement.
- insuffisance d'intrants.
- fatigue des sols.

Ces différents points sont ceux cités en priorité par les paysans. Les dysfonctionnements de la filière sont également à l'origine des difficultés rencontrées. Le manque de conseil peut également être rattaché aux problèmes liés aux capacités des gens à répondre aux exigences d'une culture intensive, à leurs connaissances et à leurs motivations à y consacrer l'attention nécessaire.

b - Un endettement de plus en plus important.

Suite aux différents désengagements et à une gestion collective souvent défaillante, les paysans et les groupements éprouvent de plus en plus de difficultés à couvrir les charges liées à la culture. Ces situations financières limitent également de plus en plus l'accès au crédit car leur capacité de remboursement sont souvent très limitées. La baisse importante des rendements de la culture de riz et l'augmentation des coûts liés à la dévaluation ne fait que dégrader une situation déjà difficile.

Nous assistons donc au développement des difficultés économiques dans un environnement socio-économique déjà précaire.

Une période de libéralisation et de dévaluation critique.

La dévaluation a eu pour effet de provoquer l'augmentation des prix des intrants. Ces produits étant généralement importés, ils ont vu parfois leurs prix multiplié par deux.

De plus, nous avons pu assister à une revalorisation des coûts liés à l'entretien du matériel et au fonctionnement du système d'irrigation. Comme nous l'avons vu précédemment, ce sont les paysans qui subissent les conséquences de ces augmentations de prix d'autant que le prix du riz ne peut et n'a pas été beaucoup revalorisé même si le prix du kilo de riz paddy est passé de 85 f CFA à environ 100 f CFA.

La libéralisation de la filière riz a permis aux paysans et aux groupements de producteurs

de bénéficier d'une réduction des délais de paiements qui étaient imposés par la gestion de la production sous la tutelle de l'état. Les paysans peuvent vendre leur production comme il le désire. Cette liberté les plonge cependant dans les lois du marché de la commercialisation ponctuée par la loi de l'offre et de la demande. Ils ont donc perdu certaines garanties car le commerce avec les acheteurs privés, même s'il permet de recevoir rapidement l'argent de sa récolte ne signifie pas toujours que l'acheteur est solvable. De plus, certains acheteurs peuvent spéculer sur le prix du riz et sur les quantités qu'il souhaitent acheter. Dans certains cas les paysans éprouvent des difficultés de commercialisation liées à leur enclavement et aux difficultés d'accès au magasin de stockage.

Au travers de cette enquête, nous avons pu découvrir les difficultés auxquelles est confrontée la communauté paysanne de la moyenne vallée dans le cadre de la culture du riz irriguée. On peut s'inquiéter de cette situation car cette production représente la seule et la principale source de nourriture pour toutes les personnes rattachées à cette région. De plus d'autres difficultés risquent d'aggraver une situation déjà difficile. C'est ce que nous allons développer dans le prochain paragraphe.

IV - 3 Les avancées dans les domaines hydriques et pédologiques.

Nous pourrions retrouver une synthèse des premiers résultats en annexe rédigée par M. Boivin à partir du travail de toute l'équipe. Mais dans le ce cas précis il s'agit essentiellement des résultats du dispositif que j'avais mis en place sur le terrain dans le cadre de la parcelle d'essai.

IV - 31 Bilan hydrique, une concentration de l'eau inquiétante.

Le dispositif que nous avons mis en place et l'ensemble des mesures réalisées nous ont démontré que toute l'eau apportée par l'irrigation se concentre sur place. Ce phénomène a lieu dans les 80 premiers centimètres du sol. Dans ce cas il ne peut y avoir aucune exportation de matière minérale sous forme de lessivage ou d'infiltration car ces phénomènes n'ont pas lieu dans ce type de sol.

Nous nous trouvons donc dans une situation où les conditions d'une alcalinisation du sol sont des plus favorables. Cette constatation est d'autant plus inquiétante car la majeure partie des périmètres villageois de la région sont situés sur des sols fonctionnant généralement de la même manière. Le bilan de l'évolution chimique nous a confirmé le caractère inquiétant de ce phénomène.

Une accumulation résiduelle de carbonates observée par les analyses d'eau effectuées au cours du temps a provoqué l'élévation du pH du sol qui a atteint dans certains cas des valeurs de pH de 8.5 dans les 40 premiers centimètres du sol. Ces éléments nous permettent de dire que dans ce cas, le processus d'alcalinisation est déjà en marche. Nous nous trouvons dans un cas où la dégradation du sol peut être très dommageable pour les cultures dans le cas où il y a poursuite du processus. Dans le cas présent la continuité des méthodes de culture et de gestion de l'eau ne peuvent qu'être favorable à une poursuite du phénomène.

Nous avons mis en place certains travaux complémentaires lors de la campagne d'hivernage afin de mesurer l'ampleur du phénomène et son étendu dans le paysage.

Au niveau de la parcelle d'essai, les mesures et les observations confirment les premiers résultats. Nous avons également cherché à connaître l'état de certains périmètres du secteur de Podor afin de déterminer l'étendu du problème au niveau de l'espace.

Ce travail a été réalisé par une stagiaire que j'ai pu encadrer sur le terrain. Nous avons donc choisi des sites de mesures sur des périmètres dont certains faisaient partie de l'enquête que j'ai réalisé sur la chute des rendements.

Cette opération de recherche complémentaire a également été financé par le F.E.D. et se situe parmi les accords que nous avons passé avec cet organisme.

Vous pourrez consulter en détail la synthèse de ces travaux qui se situe en annexe de ce rapport qui est le fruit du travail de S. Schiess et P. Boivin.

Les conclusions de cette étude ne font que conforter le diagnostic pessimiste qui avait découlé des premières études réalisées sur la parcelle d'essai. Nous pouvons dire aujourd'hui que la dégradation des sols par alcalinisation est générale pour tous les périmètres observés même si elle se situe à des degrés différents. Cependant dans de nombreux cas le seuil critique risque d'être atteint. Le capital de résistance du sol n'étant pas inépuisable, les conséquences sur les capacités du sol à répondre aux besoins d'une culture peuvent entraîner une forte dégradation de la production.

Des projets de recherches sont en cours dans la continuité des premiers dispositifs mis en place afin d'essayer de proposer des méthodes de lutte contre ce problème de dégradation. Ces recherches de solutions devant rester rationnelles afin quelles puissent s'intégrer dans le système de culture pratiqué dans la région. Nous chercherons également à mieux comprendre l'évolution de ce phénomène au travers du suivi d'autre culture que celle du riz. De même nous nous interrogeons sur la communication et les capacités de perception entre les acteurs du développement et les paysans. J'ai pu être confronté à ces difficultés tout le long de mon séjour au sein de la communauté rurale. La réunion que nous avons organisé à la fin de ma mission avait aussi cette vocation. Nous allons donc développer ce sujet qui me paraît important dans le paragraphe suivant.

De grandes interrogations sur l'appropriation de l'information par les paysans.

Il est intéressant et même urgent de s'interroger sur les raisons pour les-quelles malgré plus de quarante années de pratique de la culture irriguée dans certains cas on constate que les paysans semblent toujours avoir des difficultés à effectuer les travaux nécessaires à une bonne gestion de leur parcelle de riz. Nous avons pu découvrir à travers ce rapport de nombreuses raisons qui peuvent expliquer cette situation.

En revanche il semble que les démarches classiques de vulgarisation n'ont pas toujours permis l'appropriation de l'information technique par les paysans.

Nous avons décidé d'enregistrer et de filmer la majeure partie de la réunion avec les paysans en espérant que ces archives puissent permettre le travail de personne spécialisée sur ce thème. En effet, on ne peut pas dire qu'un organisme tel que l'ORSTOM a un rôle de vulgarisation, en revanche il peut s'appuyer sur d'autres instituts qui effectuent déjà ce genre de travail. Notre volonté de partir des problèmes du terrain et d'associer les capacités de la recherche à leur résolution entre également dans cette forme d'approche. Par contre il est vrai qu'il s'avère difficile d'expliquer nos résultats au niveau agronomique et encore plus quand il s'agit de présenter le phénomène de l'acalination à un groupe de paysan.

Malgré ces difficultés les échanges lors de cette réunion ont permis de développer des discussions intéressantes et de se poser à nouveau des questions sur les moyens de l'appropriation de l'information technique.

Cette réflexion avec mes responsables nous a conduit à contacter une personne membre du GRET qui est un organisme qui travaille déjà sur ces problèmes de vulgarisation.

Lorsque j'ai quitté mon poste, nous avons obtenu de la part de cette personne un projet de recherche qui n'avait alors qu'un caractère confidentiel, mais dont les orientations semblaient répondre à nos attentes. Nous avons donc en projet commun de détacher un étudiant dans le secteur de Podor. Le lecteur intéressé par ce projet pourra le consulter en annexe. Je rappelle le caractère confidentiel de celui-ci mais également l'attachement que j'y apporte car tout le travail que j'ai pu réaliser ainsi que celui de l'équipe ne peut qu'être valoriser par cette démarche pour un programme qui veut se rapprocher des problèmes rencontrés par les paysans dans leur environnement. On retrouve ici le sens même de la recherche développement et je vous encourage à nouveau à lire ce texte.

Au travers de ce dernier paragraphe j'ai déjà commencé à exprimer ma réflexion sur le programme, je vais donc poursuivre celle-ci dans le prochain chapitre consacré à l'analyse et à la critique de l'ensemble de mon action que vous avez pu découvrir tout au long des chapitres précédents.

V - Des réflexions de terrain pour un avenir plus serein .

Le programme ORSTOM-ISRA "Développement de l'agriculture irriguée et systèmes de production dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal" s'est orienté et rapproché des problèmes de terrains rencontrés par les paysans et les acteurs du développement. Les trois années d'études préalables ont permis aux membres des différentes disciplines impliqués sur le terrain de disposer d'un référentiel d'information sur cette région. Ces travaux ont permis de se poser de nombreuses interrogations et de faire des choix qui nous ont beaucoup été utile lors de la mise en place de nos actions sur le terrain.

Au niveau du programme, le poste que j'ai occupé au niveau du terrain, ne correspond pas vraiment à ce que l'on rencontre couramment au niveau des équipes de programme à l'ORSTOM. En revanche, il correspondait vraiment aux nouvelles orientations qui avaient été prises pour le programme. En effet, les essais sur le terrain m'ont permis d'exercer diverses fonctions en contact avec le milieu paysan, mais également de travailler avec une équipe de recherche dans des domaines scientifiques variés.

Ce travail a été très valorisant pour moi, même si parfois il a fallu affronter quelques difficultés. Je pense que les responsables du programme et les paysans avec qui j'ai pu travailler ont également tiré profit de cette collaboration.

Ce programme pose aussi de nombreuses questions qui peuvent être très importantes. En effet, le gouvernement par l'intermédiaire de sa politique agricole souhaite renforcer de nouveau le développement de l'agriculture irriguée dans un objectif d'autosuffisance alimentaire. Nous avons pu voir tout au long de ce rapport que le développement de la culture irriguée ne se fait pas sans poser de problème. L'apparition des difficultés n'est pas toujours immédiate, mais elle est souvent un grand frein à la progression.

De nos jours le thème de la protection de l'environnement est d'actualité au niveau des pays européens. Les services de coopération se doivent de faire prendre en compte ces thèmes car l'environnement et notamment le sol au travers des cultures que l'on pratique est l'un des support capable de répondre aux besoins primaires des populations. Les préoccupations des responsables des programmes scientifiques ne sont pas détachées de cette réflexion.

L'intérêt que porte le F.E.D. aux recherches menées sur le terrain et leur soutien financier semble signifier que la réflexion sur ce sujet commence à atteindre de nombreux organismes acteurs du développement. On peut espérer qu'elles seront également prises en compte dans la politique de développement des aménagements destinés à la culture irriguée.

Après mon départ, de nombreuses actions continuent à être menées pour faire progresser les réflexions et essayer d'apporter des réponses concrètes aux problèmes rencontrés. Pour ma part, j'espère pouvoir continuer à participer à cette recherche de façon directe ou indirecte afin de valoriser au mieux cette expérience très enrichissante tant sur le plan personnel que professionnel.



- Un avenir encore incertain pour un jeune paysan -

Conclusion générale

Les orientations du programme vers l'établissement de liens directs entre la recherche et les paysans nous ont permis de travailler efficacement et de mieux apprendre les problèmes rencontrés par les paysans. Le soutien d'organisations paysannes nous permet de bénéficier de bons interlocuteurs. Nous avons pu constater une certaine maîtrise technique des paysans sur la culture du riz, en revanche les risques liés à la riziculture restent importants. Les capacités des paysans à gérer les différents aléas sont malheureusement limitées. Nous avons pu le constater par une baisse importante des rendements et ceci quel que soit le type d'aménagement.

Mais cette baisse ne semble pas liée seulement aux facteurs de production mais également à une tendance à la baisse de la productivité des terres, que l'on peut rattacher aux problèmes croissants de la salinisation et de l'alcalinisation des terres cultivées mis en évidence par les différentes études que nous avons menées sur le terrain et en laboratoire.

Les problèmes mis en évidence lors de ces recherches peuvent se révéler très grave à moyen ou à long terme pour le devenir des aménagements et donc pour les populations dont les productions des denrées alimentaires primaires en sont dépendantes.

On peut toutefois se rassurer car l'intérêt que porte certains développeurs et notamment le F.E.D., nous permet d'espérer une prise en compte de ces problèmes dans les réflexions qui seront menées pour la continuité du développement de l'agriculture irriguée dans la région.

Nos travaux sont menés dans l'optique d'obtenir des résultats opérationnels qui prennent en compte les difficultés concrètes auxquelles sont confrontés les paysans. Cette démarche nous a donc fait toucher du doigt le problème cruciale de l'appropriation de l'information technique par les paysans qui semblent être également à l'origine de leur difficultés de production. Les échanges que nous avons eu entre l'équipe de recherche et nos interlocuteurs locaux nous a également amené à nous interroger sur les moyens qui existent sur la mise à disposition des résultats de recherche.

Les problèmes liés à la production de riz et à l'évolution des sols sont toujours au centre de nos recherches, mais d'autres pistes de travail sont également mises en place avec d'autres partenaires afin de travailler sur les systèmes de connaissance et l'appropriation de l'information.

En effet, ces éléments se situent dans la droite ligne des orientations du programme même si les rigueurs scientifiques qui s'y attache peuvent limiter ces recherches, le renforcement des partenariats peut permettre de progresser dans cette voie.

Nous pouvons espérer que ce programme pourra continuer à se développer, mais également que l'on accordera suffisamment d'attention aux réflexions qui y sont menées, au regard de l'importance qu'elles peuvent avoir pour le développement de la moyenne vallée du fleuve Sénégal.

Bibliographie

- Baize, D., 1989. Guide des analyses courantes en Pédologie, INRA Paris, 172 P.
- Barreteau, O., 1994. Des pratiques de gestion à la consommation d'eau d'un périmètre irrigué. Le cas du périmètre de Nianga. DEA national d'hydrologie, ENGREF, Paris. 47 p. plus annexes.
- Bélières, J.F., Camara, S., et Touré, A., 1994. Les exploitations agricoles du delta et leurs résultats technico-économiques pour la production rizicole en 1993. SAED, 70 P. plus annexes.
- Bertrand, R., N'diaye, K.M., Keita, B., 1994; L'alcalinisation / sodisation, un danger pour les périmètres irrigués sahéliens. Sécheresse 1994. 5. pp. 161 - 171.
- Boivin, P., Brunet, D., Gascuel, C., Zante, P., Ndiaye, J.P., 1993. Les sols "lourds" de la vallée alluviale, région de Nianga- Podor : répartition, caractéristiques, aptitudes et risques liés à leur mise en valeur. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.
- Bourrie G., 1976. Relations entre pH, l'alcalinité, le pouvoir tampon et les équilibres de CO₂ dans les eaux naturelles.
- Cadet, P., et Quénhervé, P., 1982. Action des nématicides en rizière inondée contre *Hischmaniella spinicaudata*. Revue Nématologie. 5 (1), 1982, pp. 93 - 102.
- Charollais, M. et Weber, V., 1994. Evolution des sols irrigués dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Sodisation / Alcalinisation. Travail pratique de diplôme EPFL, ORSTOM Dakar, 45 p. plus annexes.
- Crousse, B., Mathieu, P., Seck, S.M., 1991. La vallée du fleuve Sénégal. Evaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements. Karthala, Paris, 380 p.
- Diagne, M., 1993. L'enherbement des rizières irriguées de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.
- Dingkuhn, M., Le Gal, P.Y., Poussin, J.C., 1993. RIDEV, un modèle de développement du riz pour le choix des variétés et des calendriers culturaux. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.
- ENDA Tiers Monde et Ministère français de la Coopération, 1986. Enjeux de l'après-barrage. Vallée du Sénégal, ENDA Tiers Monde et Ministère de la Coopération, Paris, 632 p.
- FAO / SEDAGRI, 1973. Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal. Etude pédologique, Multigr. SEDAGRI, 251 p.

- Fortuner, R., 1976. Etude ééologique des nématodes des rizières du Sénégal. Cahiers ORSTOM, série Biologie, vol. 11, n° 3, 1976, pp. 179-191.

- Gay, J.P. et Dancette, C., 1993. La diversification des cultures. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.

- Hecq, J., Dugauquier, F., 1990. Périmètre irrigué villageois de Guia au Sénégal. In "Périmètres irrigués villageois en Afrique sahélienne". Centre de technique de coopération agricole et rurale, Wageningen, 26 P.

- Lavigne-Delville, P., 1991. La rizière et la valise. Irrigation, migration et stratégies paysannes dans la vallée du fleuve Sénégal. Ateliers du Développement, Syros-Alternatives, Paris, 231 pp.

- Lavigne-Delville, P., 1994. Des économies familiales recentrées sur la culture irriguée : des revenus extra-agricoles plus que jamais nécessaires. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.

- Le Brusq, J.Y. et Loyer, J.Y., 1983. Evolution de la salinité des sols et des eaux en relation avec la riziculture submergée dans le delta du fleuve Sénégal. Multigr. ORSTOM Dakar, 16 P.

- Lericollais, A., 1993. Histoire de périmètres. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.

- Loyer, J.Y., 1989. Dégradation saline des sols induite par l'irrigation en domaine sahélien. In " Le risque en agriculture". ORSTOM, pp 531 - 540.

- Loyer, J.Y., 1989. Les sols salés de la basse vallée du fleuve Sénégal, caractérisation, distribution et évolution sous culture, ORSTOM, collection Etudes et Thèses, 137 pages.

- Mikkelsen, D.S., De Datta, S.K., et Obcemea, W.N., 1978. Ammonia volatilization losses from flooded rice soils. Soil Sciences Society of America Journal. Vol. 42, 1978, pp. 725-730.

- Poussin, J.C., 1993. Gestion technique de l'agriculture irriguée. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.

- Salvignol, C., 1993. Gestion de l'eau en riziculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Essai de bilan hydrique et salin. Mémoire de fin d'étude, E.S.I.T.P.A., ORSTOM.

- Santoire, C., 1993. Des pasteurs sur les périmètres. Atelier ISRA - ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.

- Tarriere, C., 1993. Les groupements de producteurs du village de Donaye. Atelier ISRA ORSTOM " Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19- 20 Octobre 1993, St. Louis, actes à paraître.

- Zante, P., 1994. Culture irriguée et évolution des sols argileux de la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Essai de caractérisation physique. Mémoire de stage D.E.S.S. . Université Paris XII Val de Marne. 86 P. .

Audiovisuel :

- Lericollais, A., Adama, F. et une équipe de géographes, d'agronomes, d'anthropologues. " MOOLAN - Des troupeaux sans pâturage". Film coproduit par l'unité " Audiovisuel" de l'Orstom et le Centre Culturel Français de Dakar, avec la participation de l'Institut sénégalais de Recherches Agricoles et le soutien du Ministère français de la Coopération.

ANNEXES

Liste des annexes

- 1 - Les conventions de stage.
- 2 - Synthèse des thèmes abordés dans l'ouvrage " Nianga, laboratoire de la culture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal."
- 3 - Résumé du Plan Directeur Rive Gauche.
- 4 - Le problème de salinisation, sodisation et alcalinisation.
- 5 - Le rapport de campagne de contre saison chaude 1994.
- 6 - Domaines hydriques et pédologiques, synthèse des premiers résultats.
- 7 - Opération de Recherche - Développement 1995, Etat de dégradation des sols irrigués au niveau du département de Podor.
- 8 - Projet de recherches, Dynamique des systèmes de connaissances, appropriation de l'information technique, et changement des pratiques culturelles en milieu paysan haalpulaar.



CONVENTION DE STAGE N° : 280993

Entre : 1/ ORSTOM
213, rue Lafayette
75480 PARIS

Représenté par Monsieur H. POUPON

2/ BIOFORCE AQUITAINE
47, rue Charles Tournemire Bât H 3
33300 BORDEAUX

Représenté par le Docteur FONTAN - Directeur.

Et : 3/ Monsieur Jean-Luc MAEGHT
Tifouné
47260 COULX

.../...

Il a été arrêté et convenu ce qui suit :

Article 1 : Objet :

Monsieur Jean-Luc MAEGHT, Agent de Développement, en 2ème année de formation à BIOFORCE AQUITAINE, est détaché en stage d'application auprès de l'ORSTOM. Il mettra en pratique ses compétences et exercera une activité selon les modalités définies dans les articles ci-après.

Article 2 : La mission :

Jean-Luc MAEGHT est attaché à la mission suivante :

Lieu : DAKAR

Adresse Postale : B.P. 1386 - DAKAR - SENEGAL

Téléphone : 32 34 80

Fax : 221 32 43 07

Nature de l'activité : Logistique, organisation et soutien technique des essais de diversification des cultures irriguées en milieu paysan, programme "ORSTOM -INRA Fleuve Sénégal", région de Podor, vallée du Fleuve Sénégal.

Fonction exercée : technicien d'encadrement des essais de diversification.

Objectifs : - définir les potentialités des cultures de diversification (arachide, sorgho, maïs, coton) dans le cadre de l'agriculture irriguée en milieu paysan.
- définir les contraintes en termes de gestion de l'eau, y compris les aspects environnementaux liés à la dégradation des sols par salinisation.

Noms des responsables de stage : Messieurs P. BOIVIN et J.C. POUSSIN.

Article 3 : Durée :

Cette convention entre en vigueur à partir du 17 Octobre 1993, pour une durée de 6 mois.

En cas de renouvellement, un avenant à cette convention sera établi par les trois parties.

Il pourra être mis fin à cette convention, par accord écrit entre les co-signataires pour raison de force majeure ou de faute grave.

.../...

Article 4 : Statut :

Pendant la durée de cette mission, Jean-Luc MAEGHT relève du statut de stagiaire de la formation professionnelle. Sa couverture sociale sera assurée par BIOFORCE AQUITAINE auprès du PRETEMICI.

Article 5 : Prises en charge :

La prise en charge des frais attachés à la mission de Jean-Luc MAEGHT sera répartie comme suit :

Hébergement :**Transports :**

* En France, liés à la mission.

* A l'étranger, liés à la mission.

Assurance rapatriement sanitaire :**Frais divers :**

* visa

* taxe d'aéroport

BIOFORCE AQUITAINE	ORSTOM
NON	OUI
NON	OUI
NON	OUI
OUI	NON
NON	
NON	

Outre les prises en charge spécifiées ci-dessus, l'ORSTOM assurera le versement d'indemnités de stage à Jean-Luc MAEGHT pendant la durée de sa mission. Le montant de ces indemnités s'élève à 2350 Frs par mois.

La responsabilité de BIOFORCE AQUITAINE, ne saurait être engagée à quelque titre que ce soit par le fait ou à l'occasion de la réalisation de cette mission, à charge de l'ORSTOM de contracter une assurance responsabilité civile.

Article 6 : Collaboration avec BIOFORCE AQUITAINE :

Avec l'accord de l'ORSTOM, Jean-Luc MAEGHT pourra faire appel à BIOFORCE AQUITAINE, en matière d'appui pédagogique. A ce titre et sur des modalités à convenir au cas par cas, Jean-Luc MAEGHT pourra demander :

- la mise à disposition de documents ou d'informations techniques.
- l'apport d'un complément de formation ou de perfectionnement spécifique, sur place ou en France.
- un appui logistique et technique ainsi que tout ce qui pourra contribuer à l'atteinte des objectifs pédagogiques et de qualification professionnelle recherchés.

Article 7 : Obligations :

Jean-Luc MAEGHT est tenu aux obligations suivantes :

- suivre les directives qui lui seront données par les responsables de l'ORSTOM ou par toute personne déléguée par eux.
- n'entreprendre aucune initiative personnelle susceptible de porter atteinte aux projets et à la crédibilité de l'ORSTOM et de BIOFORCE AQUITAINE.
- adresser tous les trois mois, un rapport d'activités à BIOFORCE AQUITAINE.

Article 8 : Suivi et évaluation :

BIOFORCE AQUITAINE sera tenu informé des activités de Jean-Luc MAEGHT par l'ORSTOM. De même, sur demande préalable, l'ORSTOM autorise BIOFORCE AQUITAINE à pouvoir effectuer des missions de suivi pédagogique sur le site.

Au terme de la mission, l'ORSTOM s'engage à remettre à BIOFORCE AQUITAINE une évaluation de l'action de Jean-Luc MAEGHT portant sur les critères suivants :

- capacité d'investissement.
- degré d'autonomie.
- professionnalisme.
- efficacité.

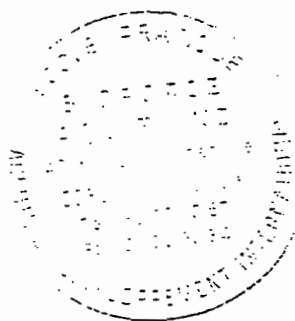
Les co-signataires s'engagent à respecter et à faire respecter cette convention.
Toute modification aux spécifications décrites fera l'objet d'un avenant à la présente.
Celle-ci est signée en trois exemplaires destinés à chacune des parties.

Fait à Bordeaux, le 28 Septembre 1993

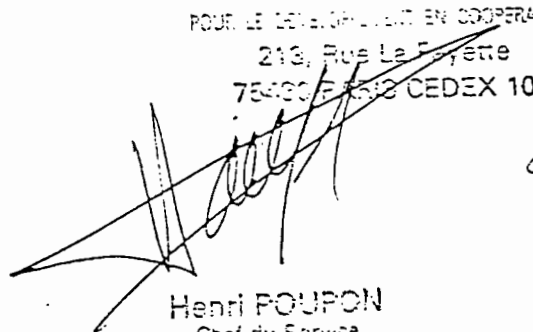
Pour BIOFORCE AQUITAINE



Dr Jacques FONTAN,
Directeur.



~~CTA 12001~~
Pour l'ORSTOM-CAS
DE FILIALE AFRICAINE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION
213, Rue La Fayette
75430 PARIS CEDEX 10



Henri POUPON
Chef du Service
des Relations Extérieures
H. POUPON

Le stagiaire



Jean-Luc MAEGHT.



AVENANT A LA CONVENTION N° 280993

Entre : 1/ ORSTOM
213, rue Lafayette
75480 PARIS

Représenté par Monsieur H. POUPON.

2/ BIOFORCE AQUITAINE
47, rue Charles Tournemire - Bât H3
33300 BORDEAUX

Représenté par le Docteur Jacques FONTAN - Directeur.

3/ Monsieur Jean-Luc MAEGHT
Tifouné
47260 COULX

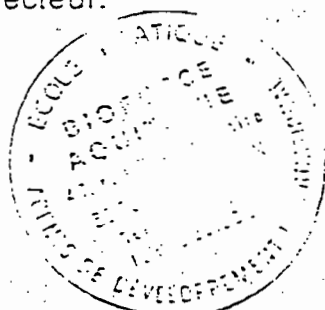
La convention n° 280993 est prolongée de 6 mois. La durée totale de la mission est portée à 1 an et prendra fin le 17 Octobre 1994.

Les autres clauses de la convention restent inchangées.

Fait à Bordeaux, le 6 Avril 1994

Pour Bioforce Aquitaine

Dr Jacques FONTAN,
Directeur.



3 JUIN 1994
ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
213, rue La Fayette
75480 PARIS CEDEX 10
Tél : 48.03.77.77

Henri POUPON
Chef du Service
des Relations Extérieures
Henri POUPON,
Chef de service
Relations Extérieures.

Le stagiaire

Jean-Luc MAEGHT.



AVENANT A LA CONVENTION N° 280993

Entre : 1/ ORSTOM
213, rue Lafayette
75480 PARIS

Représenté par Monsieur H. POUPON.

ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION
213, rue La Fayette
75480 PARIS CEDEX 10
Tél. : 48.03.77.77

2/ BIOFORCE AQUITAINE
47, rue Charles Tournemire - Bât H3
33300 BORDEAUX

Représenté par le Docteur Jacques FONTAN - Directeur.

3/ Monsieur Jean-Luc MAEGHT
Tifouné
47260 COULX

La convention n° 280993 est prolongée de 4 mois. La durée totale de la mission est portée à 16 mois et prendra fin le **28** Février 1995.

Les autres clauses de la convention restent inchangées.

Fait à Bordeaux, le 31 août 1994

- 7 DEC. 1994

Pour Bioforce Aquitaine

Dr Jacques FONTAN,
Directeur.

Pour l'ORSTOM

ORSTOM
INSTITUT FRANÇAIS
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION
213, rue La Fayette
75480 PARIS CEDEX 10
Tél. : 48.03.77.77

Henri POUPON
Chef du Service
des Relations Extérieures
Henri POUPON,
Chef de service
Relations Extérieures.

Le stagiaire

Jean-Luc MAEGHT.





L'Institut
français
de recherche
scientifique
pour le
développement
en coopération

E.P. 1386
Dakar - SÉNÉGAL
Téléphone : (221)
32.34.76 / 32.34.88
32.58.64 / 32.83.84
Téléc : 514685G
Télécopieur : 32.43.87

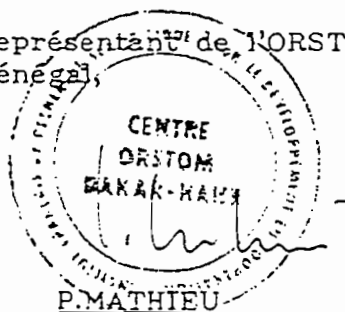
A T T E S T A T I O N

Je soussigné, Philippe MATHIEU, Représentant de l'ORSTOM au Sénégal, atteste que Monsieur Jean-Luc MAEGHT, étudiant à BIOFORCE AQUITAINE (France) effectue un stage au Centre Orstom de Dakar depuis le 17 Octobre 1993 pour une durée de 16 mois sous la responsabilité de Monsieur Pascal BOIVIN, chercheur à l'ORSTOM.

La présente est délivrée pour servir et valoir ce que de droit.

Fait à Dakar, le 7 Décembre 1993

Le Représentant de l'ORSTOM
au Sénégal,



Vallée du fleuve Sénégal : Nianga, laboratoire de la culture irriguée

Au centre ISRA (*) de Saint Louis s'est tenu, du 19 au 21 Octobre 1993, l'atelier "Nianga. Laboratoire de la culture irriguée". Organisé par les chercheurs du programme conjoint ORSTOM-ISRA "Développement de l'agriculture irriguée et systèmes de production dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", il réunissait les chercheurs des deux institutions et des acteurs du développement tous impliqués dans cette région ; soit au total une cinquantaine de participants. Cet atelier représentait une étape importante pour un programme qui se déroule depuis trois ans, axé sur la performance de l'agriculture irriguée dans la vallée alluviale, son devenir et ses perspectives dans le contexte de l'après barrage, son impact à l'échelle régionale, tant au plan environnemental qu'au niveau des économies familiales et des dynamiques sociales. La mise en service des barrages de Diama (1986) et Manantali (1990) offre aux pays riverains (Sénégal, Mali et Mauritanie) des perspectives de développement d'une agriculture irriguée - jusqu'à 350 000 hectares au total, dont 240 000 pour la seule rive Sénégalaise- dans un milieu sahélien marqué par la sécheresse. Cette maîtrise nouvelle de l'eau s'accompagne évidemment de bouleversements à tous les niveaux :

- écologique: crues contrôlées et débits régulés avec effet atténué de la sécheresse.
- agricole: réduction progressive des cultures de décrue, développement de l'agriculture irriguée, changements des pratiques paysannes, nouvelles relations cultivateurs-éleveurs.
- macro-économique: développement et privatisation des filères riz, tomate, oignon ... question des coûts et des performances, de la productivité et de la rentabilité.
- socio-économique: éplacement des enjeux fonciers, recentrage des activités et des économies familiales sur les cultures irriguées, dynamique de la pluri-activité, objectifs de production sur place et fonctions de l'émigration, nouveaux modes d'association et de coopération
- institutionnel: nouvelles règles pour l'accès à la terre et au crédit, nouveaux pouvoirs et développement de stratégies face au désengagement de l'Etat.

Les problèmes soulevés se situent à ces différents niveaux. Partant de ce constat, l'équipe de recherche s'est constituée en faisant deux choix essentiels. Le choix de la pluridisciplinarité d'une part et d'une approche locale d'autre part. La région de Nianga-Podor représente approximativement l'étendue d'une carte au 1/50' 000 ème, occupée par deux Communautés Rurales (plus de 40.000 habitants). Elle a été retenue comme laboratoire naturel et social devant servir de cadre de travail à l'ensemble des intervenants. Elle représente en effet une variété de situations au niveau du milieu physique, des sociétés, des aménagements et des systèmes de production, permettant à chacun de développer des stratégies d'étude représentatives ou signifiantes, selon les objectifs visés.

L'atelier "Nianga, laboratoire de la culture irriguée" était destiné à faire le point d'une première phase de recherche où des inventaires, des études de cas, des enquêtes par sondage...ont été réalisés afin de disposer de référentiels. Il devait élargir le dialogue vers les différents acteurs du développement et identifier des priorités pour la recherche dans ce contexte de développement de l'agriculture irriguée. Les communications suivies de discussions ont porté sur les thèmes "Milieu, aménagements, et gestion de l'espace rural", "Maîtrise technique", "Des économies familiales recentrées", "L'environnement institutionnel".

1. Milieu, aménagements et gestion de l'espace rural

Pour ce thème les communications ont porté sur les caractéristiques des sols, et le fonctionnement hydro-salin à différentes échelles, en relation avec l'irrigation ou sous régime naturel. Les risques environnementaux, en particulier concernant les sols et les eaux, ont occupé l'essentiel de débats.

Le problème de salinisation des sols sous irrigation tout d'abord : dans un contexte d'aménagements de plus en plus sommaires, il apparaît que les sols se salinisent très rapidement (parfois dès la première campagne d'irrigation), les excédents d'eau d'irrigation rehaussant les nappes salées peu profondes. Les seuils de tolérance pour les cultures sont déjà atteints pour la plupart des périmètres de la région, or ces périmètres n'ont pas de drains et les exploitants n'ont pas les moyens de les réaliser. Il est frappant de constater que souvent aucune étude n'est réalisée avant l'aménagement et qu'aucun dispositif de suivi ne permet d'évaluer la dégradation des sols. D'une façon générale il apparaît que les risques de salinisation ont été largement sous-estimés dans la région, et qu'ils ne sont toujours pas pris en compte dans la conception des aménagements. Les rares périmètres équipés de drains rejettent parfois leurs eaux dans des cuvettes voisines, pour lesquelles des projets d'aménagements sont en cours... Le problème est donc simplement déplacé de l'échelle de la parcelle à celle du paysage.

Mais un autre facteur de dégradation des sols pourrait être, à plus long terme, plus néfaste. L'eau d'irrigation, pompée dans le fleuve Sénégal ou dans ses défluent, possède en effet une alcalinité résiduelle relativement élevée. A telle enseigne que la cartographie FAO de 1973 précise -discrètement mais formellement- qu'il est exclu "d'envisager une irrigation à dose massive sans études préalables". Cette eau, employée sans précautions -en particulier sans drainage- est en effet susceptible d'alcaliniser les sols, dégradation au caractère stérilisant et relativement irréversible. Or aucune étude n'a été engagée ... et les signes d'alcalinisation apparaissent.

L'absence de suivi et d'évaluation est malheureusement à l'image de ce qui se fait en Afrique de l'Ouest, à ceci près qu'ici on dispose encore d'un délai avant l'heure des bilans tragiques. Les dégradations enregistrées sont parfaitement prévisibles et bien connues au plan scientifique. La recherche, connaissant les conditions dans lesquelles les agriculteurs pratiquent l'irrigation, ne peut plus se contenter de «prévoir» les risques, mais doit proposer des solutions techniques appropriées dans le cadre des systèmes d'exploitation existants. C'est en définitive l'adoption ou le rejet par les exploitants d'une mesure conservatoire qui permet de dire si cette mesure est appropriée.

2 . Maîtrise et choix techniques

L'agriculture irriguée constitue pour les paysans de la vallée un changement radical dans la façon de produire. Les adaptations réalisées par les paysans des différents thèmes techniques proposés par l'encadrement montrent bien le degré de liberté des acteurs. Leur pouvoir de décision est effectivement à l'oeuvre.

La recherche agronomique ne se donne plus pour objectif la mise au point de nouveaux modèles techniques, et d'en attendre le transfert pur et simple par les agents de vulgarisation. En se fondant sur l'observation des pratiques paysannes et l'analyse de leur logique, elle identifie diverses alternatives possibles et évalue leurs conséquences en utilisant la modélisation.

L'intensification des systèmes de culture irriguée c'est d'abord l'amélioration des rendements en relation avec les pratiques culturales. Au plan économique il faut faire baisser les coûts de production par une meilleure gestion de l'eau mais aussi par une amélioration des techniques d'implantation, de desherbage, de fertilisation et de récolte.

Tous les niveaux d'équipement coexistent. Sur certains petits périmètres les champs sont préparés à la main, semés à la volée, desherbés manuellement, récoltés à la faucille et les gerbes de riz sont battues au baton. A l'opposé il y a de grands chantiers pour l'aménagement, des parcelles labourées au tracteur, desherbées au pulvérisateur et récoltées à la moissonneuse-batteuse. Cette coexistence étonnante n'est-elle que transitoire ? Les paysans sont évidemment demandeur de la mécanisation. Les prestations mécanisées sont d'un coût relativement faible, mais nécessitent qu'il y ait une demande groupée des exploitants du périmètre et que les parcelles soient accessibles et de taille suffisante.

Les aménageurs et les bailleurs de fonds préconisent l'accroissement de l'intensité culturale par une double riziculture annuelle sur la même parcelle. La double riziculture n'est que rarement mise en oeuvre par les paysans qui exploitent des parcelles différentes pour différentes cultures selon les saisons. Le chevauchement des calendriers culturaux, les délais d'obtention d'un crédit de campagne, la gestion de la force de travail au niveau des unités de production et l'organisation des groupements de producteurs sont autant de freins à la progression de la double culture.

La diversification des systèmes de culture répond avant tout à des objectifs économiques. Même si les possibilités techniques éprouvées existent, l'existence de débouchés et de filières de commercialisation organisées et lucratives détermine les conditions de l'extension des divers types de cultures existantes ou envisagées.

3 . Des économies familiales recentrées sur la culture irriguée

La crise agro-climatique a ruiné les modes d'exploitation traditionnels du milieu. Au cours des dernières décennies les cultures de décrue et la pêche ont été fortement déficitaires, les cultures pluviales ont quasiment disparu, tandis que l'élevage était gravement perturbé. La restructuration du système agraire s'est effectuée autour de la culture irriguée, promue et en extension régulière grâce à l'appui de l'Etat et des bailleurs de fonds.

La transformation radicale des bases de l'économie familiale n'est pas homogène. Elle varie tant par ses composantes que par le niveau des ressources. Malgré un accès beaucoup plus égalitaire à la terre et aux moyens de production, la logique de différenciation des ressources, fondée notamment sur le statut social, n'a pas disparu.

A côté de la culture irriguée multiforme perdurent les cultures de décrue, et il y a encore des tentatives au début de chaque hivernage de cultiver en pluvial. L'élevage demeure une activité importante, à tel point que le recentrage sur l'irrigation ne touche qu'une fraction des agropasteurs peul. On constate même que l'élevage traditionnel tend à se couper des nouvelles formes d'agriculture. Par contre, certains cultivateurs thésaurisent dans du bétail qui consomment des sous-produits de l'agriculture irriguée.

Les revenus extra-agricoles deviennent plus importants localement du fait du développement du commerce et du salariat, mais les émigrés continuent à apporter leur contribution à l'économie des familles de la région.

La permanence et le renouvellement de cette pluriactivité s'expliquent par l'insuffisance des surfaces aménagées dont sont dotées les exploitations familiales, par le coût de l'irrigation et par les risques économiques encourus.

Le changement de logique économique s'accompagne d'innovations sociales importantes. Dans la vallée du Sénégal la dynamique associative tourne autour des terres aménagées : accès à la terre, accès au crédit, nouvelles formes de coopération pour le travail agricole notamment pour la gestion de l'eau, enjeux pour la transformation et la commercialisation de la production.

4. L'environnement Institutionnel

Jusqu'à ces dernières années la SAED a eu la charge de promouvoir la culture irriguée, de gérer les aménagements et d'encadrer les paysans. Même si les objectifs initiaux n'ont pas été atteints, des résultats importants ont été acquis, mais au prix d'un coût financier et d'un endettement extrêmement important pour l'Etat.

A partir de 1980, le Sénégal met en oeuvre des plans d'ajustement structurel définis avec la Banque Mondiale et le FMI. Depuis lors, le développement de la culture irriguée est confronté à la réduction des subventions à la production et au désengagement imposé à la SAED. Les effets recherchés par ces mesures, sont essentiellement la réduction des dépenses publiques (masse salariale, subvention directes...) et la libéralisation de l'économie.

Des dispositions institutionnelles et réglementaires visent à rendre l'environnement favorable à la mise en oeuvre de ces nouvelles orientations : création des communautés rurales gestionnaires de la plus grande partie des terres, création d'un nouveau cadre juridique - les Groupements d'Intérêt Economique - pour faciliter l'accès des organisations paysannes au crédit, création d'une banque rurale (la CNCAS)....

Face au désengagement de la SAED les organisations paysannes (GIE, AVD, Unions... etc) développent des stratégies multiformes d'adaptation, de survie ou d'accumulation en fonction d'objectifs économiques et sociaux très variables, dont on peut s'interroger sur leur convergence avec les objectifs de l'Etat. Par exemple, le fonctionnement des conseils ruraux gestionnaires de la terre manifeste une forte prégnance des pratiques traditionnelles. Les objectifs des organisations paysannes et des intervenants extérieurs sont d'une grande diversité malgré des tentatives de fédération. Vu la faible capacité technique et financière des organisations paysannes, on peut s'interroger sur leur capacité à assurer les fonctions et les charges transférées par la SAED et à jouer le rôle dynamique d'opérateurs pour le développement de la vallée sans un minimum de soutien de l'Etat.

Le financement de la culture irriguée pose des problèmes aigus. D'une part les paysans se plaignent des taux d'intérêt élevés, de l'insuffisance de crédit court terme et de l'absence de crédit long terme, et d'autre part, la CNCAS ne rentre pas dans ses fonds du fait de fréquents non-remboursement.

Le fonctionnement de la filière rizicole nous renvoie inéluctablement à des considérations macro-économiques : la répercussion des prélèvements (taxes directes et indirectes) sur les prix et la non-compétitivité du riz local dans les conditions actuelles du marché international, jusqu'à la problématique de la dévaluation du FCFA sur la filière.

REPUBLIQUE DU SENEGAL
UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI

MINISTERE DE L'ECONOMIE,
DES FINANCES ET DU PLAN

CONSEIL INTERMINISTERIEL
SUR
LE PLAN DIRECTEUR
RIVE GAUCHE

* * *

SYNTHESE DU P.D.R.G.

MARS 1994

Ce résumé reprend les commentaires faits en marge des différents chapitres, les principaux chiffres du PDRG étant présentés page suivante.

Introduction

Pas de solution miracle au développement de la vallée du fleuve Sénégal, mais la recherche d'un compromis optimisé entre social, économie et écologie.

Situation actuelle

L'équilibre traditionnel de la rive gauche repose en grande partie sur la crue, mais la sécheresse persistente a imposé le recours à l'irrigation, la régulation du fleuve étant maintenant assurée par les deux grands barrages de Diama et Manantali. Les problèmes restent nombreux, notamment le caractère "administré" du développement, mais on note aussi plusieurs tendances récentes positives.

Les grandes options du PDRG

Un compromis entre social, écologie et économie, une stratégie de développement intégré, axé sur l'alimentaire, et conduit par le secteur privé, et la prise en compte de la seule contrainte véritable, l'eau, ont permis d'établir cinq scénarios possibles, programmés en trois phases, et dont l'analyse a fait retenir le scénario "A".

Les moyens

Un nouveau cadre de référence pour les aménagements, plus coordonnés, et plus respectueux de l'environnement, grâce à un Plan d'Occupation et d'Affectation des Sols (POAS), accompagné d'une série de mesures : formation, vulgarisation, recherche, transfert des charges, privatisation de la filière riz, aide à l'investissement, accès au crédit, clarification du foncier, protection de l'environnement et une Haute Autorité comme garant du PDRG.

Les coûts

D'abord 294 Milliards FCFA de coûts d'investissement, ensuite 46 Milliards FCFA pour les actions d'accompagnement, et 775 Milliards FCFA de coûts de production agricole.

Les résultats

Des productions agricoles en très forte progression, couvrant largement les besoins locaux et partiellement ceux du pays, une exploitation plus "douce" du milieu naturel, un léger manque-à-gagner hydro-électrique, ainsi qu'un développement notable des "activités induites".

Analyse économique et financière

La comparaison des coûts et des avantages du PDRG après dévaluation établit mieux la rentabilité économique du projet, et les analyses fines de sensibilité renforcent ce diagnostic. Rentable pour les exploitations irriguées, le projet est cependant coûteux pour les finances publiques.

Conclusion

En conclusion, il ne s'agit pas là d'un "projet" comme les autres, et le verdict de l'analyse économique et financière ne doit pas occulter l'importance écologique, sociale et stratégique du PDRG.

x x x

Les principaux chiffres caractéristiques du PDRG

☐ Moyens

- 19.000 ha réhabilités (sur les 40.000 ha de surfaces aménagées existantes)
- 88.000 ha de surfaces équipées à l'irrigation en 2017, soit plus du double des surfaces de départ (40.000 ha)
- 33.000 ha de cultures de décrue garantis chaque année (submersion de plus de 15 jours) et 62.000 ha de pâturages et de forêts également garantis par lâchure d'une crue artificielle (Manantali)
- près de 200 vulgarisateurs (1 pour 500 ha aménagés) et conseillers spécialisés pour le transfert de la "technologie irrigation" aux producteurs

☐ Coûts

- 145,4 Milliards de FCFA pour les aménagements, 28,9 pour les réhabilitations, 81,8 pour les actions de reboisement et 37,4 pour les routes et pistes de desserte
- 45,9 Milliards pour les actions d'accompagnement (appui technique, mesures d'ordre économique et financier, mesures réglementaires et institutionnelles)
- 775,3 Milliards de FCFA de coûts de production agricole essentiellement irriguée

☐ Résultats

- 75 % des surfaces irriguées cultivées en riz (à terme), le reste en tomates, polyculture vivrière ou cultures industrielles nouvelles
- intensité culturale de 160 % à terme, c'est-à-dire généralisation de la double culture annuelle pour le riz et la polyculture
- productions alimentaires (irrigué + walo + diéri) en très forte hausse, couvrant largement les besoins des populations locales
- élevage traditionnel, pêche et exploitation des (nouveaux) boisements en progression
- production hydro-électrique légèrement réduite (2 à 3 Milliards de FCFA de pertes annuelles) du fait de la crue artificielle
- développement d'activités induites le long du fleuve: industries (25 rizeries, tomates), services à l'agriculture, artisanat-commerce-transport

☐ Analyse économique et financière

La réactualisation de l'analyse économique et financière est en cours, néanmoins on peut déjà estimer :

- un Taux de Rentabilité Interne (compris entre 8,5 et 10,2 %) meilleur par rapport à celui avant dévaluation mais très sensible au cours mondial du riz à long terme
- des résultats financiers positifs et augmentés pour les exploitations irriguées, et un coût diminué pour l'Etat (4,33 Milliards de FCFA/an en moyenne pour 13,24 avant dévaluation à prix constants)

La dégradation des terres irriguées dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal

P. Boivin, Chargé de Recherches
ORSTOM, BP. 1386 Dakar

Atelier SCOPE
Dakar, Novembre 1993

Introduction

L'un des objectifs de l'édification des barrages de Manantali et Diama sur le cours du fleuve Sénégal est la mise en irrigation des terres : on estime que 250 000 à 300 000 hectares pourraient ainsi être mis en culture dans les pays riverains (OMVS, 1975), dont 160 000 à 240 000 hectares pour le seul Sénégal (PDRG, 1991). Le développement de l'irrigation est relativement ancien dans le delta du fleuve Sénégal, tandis que la régulation du cours du fleuve a effectivement ouvert des perspectives importantes, notamment dans la moyenne vallée où les cotes des eaux du réseau hydrographique sont sous l'influence du remous de Diama (Bader, 1992). De fait, on assiste depuis peu (le barrage de Manantali a été rempli en 1990) à un développement spectaculaire de petits périmètres irrigués villageois (PIV), en bordure des voies d'eau naturelles. Les impératifs du développement justifient les orientations actuelles : désengagement de l'état, recherche d'une intensification culturale, diversification des systèmes de culture, augmentation des surfaces cultivées (notamment en créant ou recreusant des voies d'eau pour permettre l'irrigation de nouvelles surfaces). Cette nouvelle maîtrise de l'eau est de toute évidence un bouleversement perceptible à tous les niveaux : institutions, organisations paysannes, traditions ethniques, pratiques culturelles, économie des ménages (ISRA-ORSTOM, à paraître). C'est aussi une modification fondamentale des conditions environnementales, qui peut être une menace pour les sols et les eaux en particulier. Or il faut bien admettre que les questions qui se posent sur le très court terme ont tendance à masquer cet aspect. Ce texte se propose de dresser un bilan de la situation et des perspectives au niveau d'une sous région représentative du milieu de la moyenne vallée : la région de Nianga - Podor, en rive gauche du fleuve Sénégal (fig. 1).

I - Les sols avant aménagement, généralités.

Dans la moyenne vallée, la seule étude de synthèse dont on dispose est la cartographie FAO réalisée par la SEDAGRI au 1/50 000 (1973). Cette étude s'appuie largement sur les travaux de P. Michel (1973) pour les aspects géomorphologiques. Le milieu est en effet structuré en unités géomorphologiques très distinctes. Elles correspondent à différents types de dépôts alluviaux récents, auxquels sont donc associés des sols de texture caractéristique. On distingue en particulier les sols des hautes levées et des deltas de rupture (sables, limons fins et argiles) des sols de cuvettes de décantation (argiles à forte proportion d'argiles gonflantes). Les unités géomorphologiques dénomées "petites levées" sont intermédiaires au plan topographique. Elles sont moins bien définies au plan pédologique puisqu'elles peuvent correspondre soit à des sols vertiques équivalents à ceux des cuvettes de décantation (plus de 50% d'argile), soit à des sols de texture mélangée, à forte proportion d'argiles (35 à 50%).

Les études réalisées actuellement par les pédologues de l'ORSTOM dans le cadre d'un programme conjoint ORSTOM-ISRA permettent de définir plus précisément les sols de la région de Nianga-Podor, grâce à unchantillonnage très dense, dont l'objectif est de mieux définir les

caractéristiques des sols à l'échelle des aménagements, afin d'étudier l'impact environnemental de ces derniers.

Au plan physique, les sols de cuvette et de petites levées sont relativement bien structurés, fissurés à l'état sec, mais de très faible conductivité hydraulique lorsqu'ils se rapprochent de la saturation. Bien que de texture plus légère, les sols de levées ont également de faibles conductivités hydrauliques. Ceci est dû à leur très faible structuration, liée aux caractéristiques chimiques des argiles. Il en résulte des profils souvent dotés d'une importante croûte de ruissellement et présentant un hydromorphie généralisée.

Au plan chimique, la solution du sol est souvent marquée par l'histoire de sa mise en place. En effet, au cours du recul du delta du fleuve (Michel, 1973), des sels marins ont été piégés en de nombreux endroits. Ils sont généralement à faible profondeur dans les sols (1 m et plus). Les faibles précipitations et les faibles perméabilités font que ces sols sont très déficitaires au plan hydrique, de telle sorte que les sels accumulés n'ont jamais été remobilisés, tandis que dans les sols argileux on note souvent la présence d'accumulation de gypse sous forme d'aiguilles. La salure d'origine marine est parfois enrichie en sulfates, ceci témoigne de l'évolution d'anciens sols sulfatés acides formés aux endroits où de la mangrove a été exondée par le recul du delta. La solution du sol est également enrichie en magnésium, qui est le principal cation échangeable. Les pH des sols sont relativement acides (6 en moyenne) et peuvent chuter localement à des valeurs de l'ordre de 3,5. Les conductivités électriques sur extrait de sol peuvent atteindre des valeurs élevées, puisque les eaux des nappes superficielles atteignent fréquemment la concentration en sels de l'eau de mer.

Enfin, on note par endroits la présence de sols alcalisés en proportion non négligeable, et sur la formation desquels nous reviendrons.

2- Aménagements et gestion de l'eau

Les aménagements réalisés sont de divers types : grands périmètres SAED, périmètres intermédiaires de type FT, périmètres villageois (PIV) ou privés (GIE) (Lericolais, 1993). Ces aménagements sont plus ou moins élaborés : planage et drains de collature pour les premiers, réalisation approximative de canaux et diguettes pour les derniers. Les spéculations pratiquées sont essentiellement la riziculture (sols lourds), la culture de la tomate et celle de l'oignon. Quelques cultures maraîchères et de diversification (maïs, sorgho, niébé) font leur apparition. 75% de la surface aménagée correspond à des sols dits "hollaldés" ou "faux hollaldés" dans la terminologie vernaculaire : ce sont des sols vertiques ou très argileux (45% et plus d'argile).

La gestion de l'eau dans ces périmètres se caractérise par un surpompage très important : les pertes directes sont au moins égales aux besoins en eau des cultures pour les périmètres les mieux gérés (e. g. SAED, 1993, Salvignol, 1993, SAED-INSTRUPA, 1989, Seguis et Boivin, 1993). Ceci s'accompagne d'une remontée générale des nappes superficielles -qui deviennent affleurantes-, due au surpompage et aux pertes associées, ainsi qu'à la technique d'irrigation par submersion (riziculture). On établit en effet que l'infiltration est très faible (SAED, 1993) voire nulle (Salvignol, 1993) au niveau des parcelles cultivées. Dans le cas des périmètres munis de drains, le débit aux drains est assuré essentiellement par les débordements et les pertes à travers les diguettes (Salvignol, 1993, Seguis et Boivin, 1993).

A l'échelle du paysage, les eaux usées sont rarement rejetées dans le fleuve. Dans le cas des PIV, elles se concentrent sur place. Dans le cas d'un grand périmètre muni de drains comme celui de

Nianga, les eaux migrent vers d'autres cuvettes de décantation en empruntant d'anciens chenaux naturels, puis se concentrent sur place. Ces eaux usées sont souvent chargées : dans le cas du périmètre de Nianga, environ 2000 tonnes de sels sont évacuées à chaque cycle cultural. Ces sels ne proviennent pas d'un lessivage des sols mais d'un écoulement de la nappe salée dans les chenaux naturels.

3- Dégradation des sols : phénomènes en cours et risques

Un certain nombre d'indicateurs posent de façon évidente le problème de la dégradation des sols. Le problème de la salinisation des terres est le plus cité, parce qu'il est le mieux perçu. Dans le cas des grands périmètres rizicoles, on a très vite assisté à une remontée des sels en surface, et il a fallu prendre des mesures telles que recréusement des drains. Dans le cas des PIV, les exploitants signalent presque systématiquement l'apparition de zones salées occasionnant de sérieux dommages sur la tomate et l'oignon. Indépendamment du problème salin, les paysans constatent des chutes de rendements spectaculaires qu'ils attribuent à une fatigue des sols (ISRA-ORSTOM, à paraître).

Les études en cours montrent que plusieurs phénomènes sont en cause, dont nous allons préciser les mécanismes et les modalités.

3-1 Salinisation

Ce phénomène est le mieux diagnostiqué. Il s'agit de l'accumulation d'une quantité importante de sels solubles dans le profil de sol. Mentionnée comme possible en certains endroits par les études de factibilité, cette accumulation se produit en fait partout : la conductivité moyenne des sols des PIV de la région, mis en culture depuis moins de 10 ans, est dix fois plus élevée que celle des sols immédiatement avoisinants et appartenant à la même unité géomorphologique (moyenne effectuée sur plus d'un millier de mesures, réparties sur tous les périmètres de la région de Nianga-Podor). Cette salinité moyenne se situe au niveau de seuils de tolérance de la tomate et de l'oignon.

Ce phénomène résulte de la remontée des sels (sature chlorurée-sodique) dans les profils de sol. Il est la conséquence de la recharge généralisée des nappes peu profondes. Lorsque la nappe affleure, l'évaporation intense crée une dynamique hydro-saline ascendante qui produit une accumulation de sels en surface.

Le problème est plus visible en riziculture : dans ce cas, on observe des sels cristallisés en bordure de parcelle. Mais les conséquences sont actuellement plus graves pour les autres spéculations : si la riziculture inondée favorise une remontée totale de la nappe et donc une importante accumulation de sels en surface, une lame d'eau est maintenue dans les parcelles au cours de la culture. Le riz dispose alors de quelques centimètres de sols dessalés qui peuvent suffire à son développement, tandis que la tomate et l'oignon subiront directement la remontée des sels, d'autant plus que la culture de la tomate est billonnée.

Pour ces spéculations, on atteint actuellement les seuils de tolérance au delà desquels un drainage devra être pratiqué, or la majorité des périmètres ne dispose d'aucun drain. Il est donc à craindre que de nombreux PIV soient abandonnés dans un futur proche pour cette raison, ou que seule la riziculture soit maintenue. Ajoutons également que bien que les eaux d'irrigation soient très pures, la dose de sels apportés à l'hectare par une campagne rizicole est tout de même de plusieurs centaines de kilos.

3-2 Sodisation et alcalinisation

L'eau d'irrigation (provenant du Fleuve) possède une alcalinité résiduelle calcite non négligeable. C'est à dire que les carbonates sont excédentaires par rapport au calcium. En cas de concentration de ces eaux, le premier minéral à précipiter est la calcite (CaCO_3). Dans ce cas, la précipitation d'une mole de calcite, qui correspond à une mole de calcium et une mole de carbonates, laisse des carbonates résiduels dans l'eau. Cette opération répétée tend à augmenter progressivement la proportion de carbonates, tout en diminuant celle du calcium.

Ce phénomène a deux conséquences pour les sols :

- une élévation du pH, qui entraîne de graves problèmes de carences pour les cultures (alcalinisation);

- une augmentation du sodium échangeable au niveau des argiles (au détriment du calcium), soit une sodisation, qui entraîne un effondrement de la structure du sol et une dispersion des argiles.

Au total, des sols fortement alcalinisés et sodisés deviennent impropres à toute culture et sont très difficilement récupérables. Ce cas est fréquent : cf par exemple la situation du delta intérieur du Niger au Mali (R. Bertrand, dans cet atelier).

Dans le cas des sols de la vallée du fleuve Sénégal, les conditions d'une alcalinisation sont réunies, et il est fort inquiétant de constater qu'aucune évaluation préalable des risques ni aucun suivi ne sont réalisés. Ce risque est pourtant mentionné, brièvement il est vrai mais formellement, dès 1973 (FAO-SEDAGRI, p16) : «[...] il existe donc un problème d'utilisation de ces eaux pour l'irrigation. Des études de laboratoire et des essais au champ devront être entrepris avant d'en apporter des doses massives sur des terres irrigables...»

La situation actuelle peut être résumée de la façon suivante :

- les modèles géochimiques dont nous disposons prévoient une dégradation inéluctable des sols si le bilan hydrique est celui d'une concentration des eaux sans fraction de lessivage;

- au cours d'une campagne rizicole, les eaux se concentrent au minimum d'un facteur 3 dans les parcelles, puis bien davantage après la campagne, puisqu'il n'y a généralement pas de drainage ni de lessivage;

- des taches de matière organique dissoute, indiquant probablement un début d'alcalinisation, apparaissent dans les périmètres, aux endroits où l'évaporation est la plus forte (diguettes, bordures de parcelle);

- les unités de paysage naturellement alcalinisées existent dans la cuvette de Nianga, elles correspondent aux zones terminales de propagation de la crue, où le bilan hydrique a toujours été celui d'une concentration des eaux en place : ces unités témoignent des perspectives à long terme d'une gestion de l'eau sans drainage à l'échelle des paysages;

- les sols sodisés représentent actuellement 20% à 30% des échantillons analysés;

- aucune évaluation ni aucun dispositif de suivi ne sont en cours, si l'on excepte le programme conjoint ORSTOM-ISRA sur la région de PODOR. Réalisé sur fonds propres de ces instituts, il est nécessairement limité dans sa capacité d'évaluation.

Face à ces divers constats très pessimistes, on peut toutefois noter plusieurs facteurs qui auront tendance à différer ou freiner le phénomène d'alcalinisation :

- la présence de solutions salines concentrées;

- la richesse en cations bivalents échangeables des sols argileux;

- le pH généralement acide des sols avant aménagement.

4- Perspectives pour un dispositif de gestion conservatoire des ressources en sols.

La situation de sols et des eaux de nappes superficielles de la vallée du fleuve Sénégal appelle de toute évidence à la constitution d'outils de gestion conservatoire des sols. Par rapport à d'autres expériences en zone sahélienne, nous avons ici la chance de pouvoir intervenir dès la mise en irrigation, qui remonte le plus souvent à la fermeture de Manantali (1990). Le programme de recherche «Développement de l'agriculture irriguée et systèmes de production dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal», mené conjointement par l'ORSTOM et l'ISRA, aborde les aspects environnementaux et dispose d'une base de connaissance qui permet de définir ce qui devrait constituer un tel dispositif. Les actions à mener peuvent se répartir en trois axes : acquisition de connaissances, réalisation d'un dispositif de suivi, développement d'une recherche expérimentale.

4-1 Acquisition de connaissances

Sur la région de Nianga-Podor, une base de données a été créée, recensant les périmètres irrigués, les sols et spéculations associés, les populations concernées. Cette base est complétée par un échantillonnage dense des sites non aménagés, permettant de définir de façon précise leur état initial. Cette base est de première importance : elle constitue un référentiel pour l'aide à la décision, et pour l'évaluation et la compréhension des dynamiques en cours. Dans l'optique d'un dispositif débordant la seule région de Nianga-Podor, elle devrait être étendue.

Le fonctionnement hydro-salin des sols doit être précisé dans les différentes configurations rencontrées, à l'échelle de la parcelle, du périmètre et du paysage. En particulier, des expérimentations et l'adaptation des modèles géochimiques aux sols de la région devront être réalisés, afin de mieux définir les risques d'alcalinisation liés aux modes d'exploitation. Couplés aux informations issues de la base de données, ces résultats doivent permettre de définir en extension et dans le temps les risques liés aux pratiques culturales.

4-2 Dispositif de suivi

La base de données permet de sélectionner des sites représentatifs des divers types d'aménagement, des modes de gestion de l'eau, et des caractéristiques physiques du milieu. Les travaux réalisés au sein du programme ORSTOM-ISRA ont permis de définir les méthodes d'analyse les plus pertinentes à moindre coût, qui permettent de rendre compte de l'évolution du milieu. Un dispositif de suivi pourrait être défini et expérimenté sur cette base, il permettrait de confirmer les résultats obtenus par modélisation, et surtout garantirait une pleine information des acteurs du développement sur les risques encourus.

4-3 Recherche expérimentale

Les études socio-économiques montrent clairement que les contraintes sur le court terme focalisent l'attention des exploitants. De même, le désengagement de l'état fait que les périmètres qui sont maintenant réalisés à moindre frais sont extrêmement sommaires. Il est donc clair que proposer de profonds bouleversements des aménagements actuels relèverait de la science fiction, et qu'il est nécessaire d'introduire dans la perception paysanne les notions de dégradation des sols sur le moyen terme.

C'est pourquoi il nous semble essentiel d'aborder la recherche expérimentale en milieu paysan, en disposant d'une connaissance globale de leur système de production, et en tenant compte des

contraintes et des motivations qui s'expriment à leur niveau : la validité de solutions éventuellement proposées dépend en définitive du choix que feront les exploitants de les adopter ou non. Cette recherche devra intégrer les perspectives de diversification des systèmes de culture qui sont développées. La recherche de modes de gestion de l'eau adaptés à la conservation des sols devra prendre en compte l'échelle de la parcelle et celle de l'unité de paysage.

Cette recherche expérimentale, utilisant notamment les modèles géochimiques et de bilan hydrique, devra définir les modes de gestion de l'eau qui, à ces deux échelles, permettent d'assurer une fraction de lessivage et une évacuation des sels accumulés, en restant compatibles avec les pratiques paysannes. Des idées ont déjà été avancées dans ce sens (ISRA-ORSTOM, à paraître), elles devront être développées et testées. Une recherche devra être menée parallèlement, en association avec les organisations paysannes, pour sensibiliser les exploitants aux problèmes de gestion conservatoire des sols au delà du court terme.

Conclusion

Les résultats que nous exposons et les propositions qui en sont tirées, s'inscrivent tout à fait dans le cadre d'un projet de recherche qui pourrait prendre en compte de façon globale la conservation des sols irrigués en zone sahélienne. Le développement d'un tel programme passe indéniablement par une sensibilisation des bailleurs de fonds à ces questions, car il est relativement incompréhensible qu'elles aient été jusqu'alors éludées, si l'on considère les fonds considérables dépensés pour acquérir la maîtrise de l'eau.

Références :

Bader, J.C., 1992 : Calcul de la courbe de remous du barrage de Diama : logiciel COREDIAM. Multig. ORSTOM Dakar, 14 p. + 3 annexes.

FAO-SEDAGRI, 1973, Cartes Pédologiques et Géomorphologiques de la vallée et du Delta du Fleuve Sénégal à 1/500000e. FAO Dakar

ISRA-ORSTOM, à paraître : "Nianga, laboratoire de la culture irriguée", à paraître dans la collection colloques et séminaires, ORSTOM Paris

Leriedlais, A., 1993, Histoires de périmètres, Atelier "Nianga, laboratoire de la culture irriguée", ISRA Saint Louis, Oct. 1993, 11p+ figures

Michel, P., 1973, Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, Mémoires ORSTOM, n° 63, 3 Vol. 752 pages.

OMVS, 1975, The objectives and the main outlines of the integrated development strategy of the Senegal river basin. Dakar, Senegal, OMVS

PDRG, 1991 : Plan Directeur Pour la Rive Gauche du Fleuve Sénégal, Ministère Sénégalais du plan et de la Coopération, Synthèse. 34 p. et annexes.

SAED, 1993, Bilan d'eau et coût d'énergie de périmètres rizicoles, bulletin technique n°6, Centre de Ndiaye, 104 p.

SAED-INSTRUPA, 1989, Aménagement de périmètres irrigués villageois sur le Ngalenka amont, étude de faisabilité, 269 p. + cartes. SAED, délégation de Podor.

Salvignol, C., 1993, Etablissement du bilan hydro-salin de parcelles rizicoles du périmètre de Nianga, Mémoire ESITPA-ORSTOM, 30 p. et annexes, ORSTOM Dakar

Seguis L. et Boivin P., 1993, Le fonctionnement hydro-salin de la cuvette de Nianga, Atelier "Nianga, laboratoire de la culture irriguée", ISRA Saint Louis, Oct. 1993, 15p.

Rapport de Campagne de Contre Saison Chaude 1994 et Présentation du Dispositif Mis en Place en Hivernage

J.C. POUSSIN, agronome ORSTOM

1ère Partie : Test de différentes formulations d'engrais phosphorés

L'hypothèse à l'origine de ce test est un éventuel blocage du phosphore, d'où le test de diverses formulations d'engrais ou amendements phosphorés.

1. Dispositif

Des micro-parcelles installées à Donaye permettent de tester l'efficacité de diverses formulations d'engrais phosphorés. Le tableau 1 indique les différents traitements appliqués sur ces micro-parcelles.

Une bougie poreuse placée dans l'horizon de surface (0-20 cm) permet de suivre la qualité de la solution du sol, notamment concentration en phosphore assimilable. A l'initiation paniculaire (début montaison), on compte le nombre de talles ; à la récolte, on compte le nombre d'épis, le nombre de grains, et on mesure le poids sec de pailles et le poids de 1000 grains dans chaque micro-parcelle.

Ce dispositif n'a aucune ambition statistique : l'objectif se limite à un test qui, s'il est positif (réponse marquée du riz à telle ou telle formulation), pourra faire l'objet d'une véritable expérimentation lors des campagnes suivantes.

Tableau 1 : Traitements réalisés sur les 5 micro-parcelles

micro-parcelle		n°1	n°2	n°3	n°4	n°5
Taille		1 m x 1 m				
Semis		repiquage (variété Aïwu), 2 pieds/poquet, 100 poquets/m ² , stade 3-4 feuilles				
Désherbage		Propanyl (10 l/ha, avant repiquage)				
Fertilisation	Engrais de "fond" (repiquage)	témoin 0	18-45-0 10g	8-18-27 25g	schiam 20g	phosphogypse 20g
	Urée (2 apports : repiquage et I.P.)	15g + 20g	10g + 20g	10g + 20g	15g + 20g	15g + 20g
	Totaux N-P-K (kg/ha)	161-0-0	156-45-0	156-45-68	161-45-0	161-4-0

Pour évaluer l'effet de ces diverses formulations, nous avons suivi le développement de chacune des micro-parcelles. A maturité, nous avons récolté chacune d'elles en comptant le nombre d'épis,

le nombre de grains, et avons mesuré le poids de paille et de grains produits.

2 Résultats

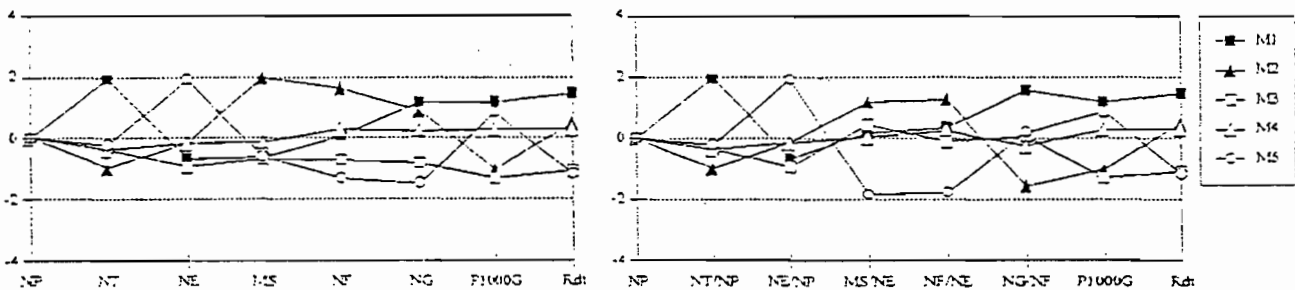
Les résultats présentés (Cf. tableau 2 et figure 3) se limitent à ceux concernant l'élaboration du rendement. En effet, les mesures effectuées dans les bougies poreuses concernant les concentration en azote (NO₂, NO₃ et NH₄) et en phosphore (P₂O₅) dans la solution du sol sont beaucoup trop variables pour indiquer d'éventuelles différences entre micro-parcelles.

Aucune différence visible de croissance n'est apparue durant le cycle, et les comptages et mesures réalisés à la récolte confirment cette observation (les différences entre micro-parcelles sont du même ordre qu'au sein d'une même station de suivi d'élaboration du rendement, Cf. 2ème partie). L'absence de fumure phosphorée (témoin, schlam contenant très peu de phosphore soluble, phoshogypse) ne conduit pas au désastre : suite à une fumure abondante, entre 100 et 200 kg/ha de 18-46-0 par campagne), le sol est suffisamment riche en phosphore assimilable (Cf. 2ème partie).

Tableau 2 : Composantes de rendement mesurées sur les micro-parcelles

	M1	M2	M3	M4	M5
nb plantes	200	200	200	200	200
nb talles	794	579	625	624	635
nb talles / plante	3.97	2.90	3.13	3.12	3.18
nb épis	426	448	414	445	528
nb épis / plante	2.13	2.23	2.07	2.23	2.64
poids sec paille (g)	858.60	996.00	865.20	893.00	869.20
poids paille / épis	2.04	2.23	2.09	2.01	1.65
nb fleurs	47502	56959	42551	48792	38672
nb fleurs / épis	111.51	127.71	102.78	109.64	73.62
nb grains	31446	30540	25557	28692	23577
nb grains / fleurs	0.66	0.54	0.60	0.59	0.61
poids 1000 gr. (g)	22.23	20.68	20.50	21.60	21.98
rendement (t/ha)	6.99	6.31	5.24	6.20	5.18

Figure 3 : Elaboration du rendement dans les micro parcelles
(les valeurs des composantes ont été centrées-réduites pour permettre une représentation des trajectoires)



On remarque néanmoins dans l'ensemble des micro-parcelles l'importance du taux de stérilité apparent et le faible poids de 1000 grains. Plusieurs explications peuvent être avancées :

- 1) Les fortes températures dans la deuxième quinzaine du mois de Mai induisent un risque important de stérilité (jusqu'à 25% selon le modèle RIDEV développé par l'ADRAO).
- 2) Une récolte légèrement trop précoce explique également le faible poids de 1000 grains. En

effet, les micro-parcelles ont été récoltées en même temps que la parcelle d'où proviennent les plants repiqués, et le léger retard de cycle dû au repiquage n'a pas été pris en compte pour la récolte.

3) Un déficit dans la nutrition azotée dans la deuxième partie du cycle (montaison - maturation) limite la croissance des épis. La matière sèche accumulée ne suffit alors pas à remplir la totalité des fleurs formées. Le deuxième apport d'azote correspondant à 92 unités d'azote, l'élévation du pH accompagnant le phénomène d'accumulation de carbonates (Cf. 2ème partie et rapport de P. Boivin), observés dans les prélèvements de la solution du sol, peut expliquer une perte partiel de cet apport par volatilisation.

Cette dernière remarque a une conséquence importante vis-à-vis du test mis en place. En effet, les schlams contiennent une forte proportion de phosphore peu soluble, et la solubilisation du phosphore nécessite un pH acide. L'alcalinisation de la solution du sol enlève donc tout intérêt à l'utilisation de ces déchets industriels peu coûteux pour la fertilisation phosphorée. Nous ne poursuivrons donc pas ce test durant l'hivernage 1994.

2ème Partie : Conduite de parcelles expérimentales

Une étude préalable, réalisée en 1992 et 1993 et s'intéressant à la conduite de la riziculture irriguée dans la zone de Nianga - Podor (Poussin, 1993), a permis de relever quatre grands types de problèmes :

Les conditions d'implantation de la culture (mauvaise qualité du lit de semence et de la pré-germination, utilisation de semences de qualité incertaine, semis à la volée, homogénéité de la densité de semis, contrôle de l'épaisseur de la lame d'eau) induisent un peuplement très irrégulier ainsi qu'un démarrage précoce de l'infestation par les adventices. Le repiquage permet de corriger ce phénomène (la qualité du repiquage, âge des plants et densité, peut néanmoins être améliorée), mais il nécessite un travail important : le recours à l'entraide ou à une main d'oeuvre temporaire est quasiment obligatoire lorsque la parcelle dépasse une dizaine d'ares.

L'infestation par les adventices conditionne fortement la production. Les paysans contrôlent mal cette infestation : la hauteur d'eau dans la parcelle est très irrégulière (micro-relief, planage), le désherbage chimique n'est pas maîtrisé (dose, stade et condition d'application) et le désherbage manuel est réalisé trop tard. L'enherbement concernant également les diguettes et canaux d'irrigation, son contrôle concerne aussi l'organisation qui a en charge l'entretien du périmètre.

De même, la conduite de la fertilisation influence sur la production. L'adaptation des doses et le calage des dates d'apport vis-à-vis de la croissance de la culture ne semblent pas encore acquis.

L'irrigation enfin est déterminante. A l'échelle de la parcelle, son contrôle est assuré par le paysan. Au-delà, c'est une organisation paysanne qui la gère. Le tour d'eau, s'il existe en théorie, pose souvent problème lors de sa mise en oeuvre ; sans entretien régulier, le réseau hydraulique se dégrade rapidement ; quant au matériel de pompage, son entretien courant est (plus ou moins) assuré, mais les provisions pour renouvellement sont rarement réalisées.

1. Rappel du dispositif

Le dispositif expérimental a pour objet de tester plusieurs hypothèses explicatives des mauvais rendements. Compte tenu des observations réalisées précédemment, une première série d'hypothèses concerne les modalités d'application des techniques culturales : implantation de la culture (état du lit de semence et nivellement), maîtrise de l'enherbement, fertilisation (doses et dates d'apport), contrôle de l'épaisseur de la lame d'eau en fonction du stade de la culture. La conduite de deux parcelles "expérimentales", situées à proximité immédiate de parcelles paysannes considérées comme "témoins", permet de tester la pertinence de ces hypothèses.

D'autres hypothèses explicatives, comme la qualité des semences, la qualité de la solution du sol (salinité, pH, éléments nutritifs ou toxiques) ou la présence de nématodes parasites, font l'objet de contrôles spécifiques dans les parcelles, en complément du dispositif de suivi de l'élaboration du rendement.

1.1 Caractéristiques des parcelles

D'une part, ces parcelles, mises à disposition par les paysans qui conduisent les parcelles "témoins", sont situées dans des périmètres gérés par des organisations paysannes : les contraintes, liées notamment au réseau hydraulique et à l'accès aux outils de travail du sol, sont communes à celles que subissent les paysans. D'autre part, les techniques mises en oeuvre sont similaires à celles dont les paysans disposent.

Deux parcelles ont été choisies dans deux périmètres caractéristiques : le grand périmètre de Nianga, d'une part, qui dispose d'un réseau hydraulique complet permettant le drainage des parcelles, et d'autre part, un périmètre dit "intermédiaire" à Donaye, dont le réseau hydraulique permet une irrigation par siphons, mais l'absence de drains et la présence d'une digue de ceinture.

protégeant l'aménagement d'une éventuelle crue, empêchent toute évacuation de l'eau d'irrigation et conduisent à une concentration sur place de cette eau.

Les caractéristiques essentielles des parcelles, notées NG et NGt (témoin) à Nianga, DN et DNt à Donaye sont rassemblées dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques des parcelles

	NG	NGt	DN	DNt
Surface (ha)	0.23	0.21	0.31	0.20
Type de sol	faux hollaldé		hollaldé	
Texture	mélangée (A-L-S = 40-30-30)		argileux vertique (A ~ 70%)	
Salinité (surface)	100 à 250 mS/m		inférieure à 90 mS/m	
Drainage	oui		non	
Irrigation	buse		siphons	
Tour d'eau	oui		non	

1.2 Mode de conduite

Notre mode de conduite vise à maîtriser au mieux l'installation du peuplement, l'envahissement par les adventices, la fertilisation (N et P), l'irrigation et la récolte. Les itinéraires techniques tenteront donc de suivre le programme prévisionnel suivant :

- rehaussement éventuel des diguettes afin d'éviter les pertes ou apports par débordement ;
- brûlage des résidus car le travail du sol ne permet pas un enfouissement important ;
- travail du sol à l'offset, avec deux passages croisés pour réduire la taille et la densité de mottes ;
- pré-germination des semences avec contrôle de leur pouvoir germinatif ;
- émiettement et nivellement manuels lors de la mise en eau de la parcelle ;
- semis à la volée dans une lame d'eau fine (environ 5 cm) pour favoriser la levée (liée à la température de l'eau) en se prémunissant de dégâts éventuels par les oiseaux ;
- maintien de cette fine lame d'eau pendant la levée ;
- assec au stade 2-3 feuilles pour la réalisation du désherbage chimique (Propanil, 10 l/ha) suivi du premier apport d'engrais (100 kg/ha de 18-46-0 et 100 kg/ha d'urée, soit 64 unités d'azote et 46 unités de phosphore) ; le phosphore est apporté après la mise en eau afin d'éviter les pertes par percolation lors de la mise en eau de la parcelle ;
- maintien d'une lame d'eau selon la croissance du riz et visant à freiner le développement des adventices ;
- assec au stade début montaison, qui correspond à l'initiation paniculaire, pour le deuxième apport d'azote (200 kg/ha d'urée, soit 92 unités d'azote) ;
- arrêt de l'irrigation (ou assec) 15 à 20 jours après la floraison afin de favoriser une maturation homogène des panicules ;
- récolte manuelle (fauchage, battage et vannage).

Pour le choix du couple variété - date de semis, nous nous sommes appuyés sur les résultats fournis par le logiciel de simulation RIDEV (Dingkuhn *et al.*, 1993). Notre objectif étant de réaliser une double culture, et compte tenu des délais de remise en culture, la récolte doit être réalisée avant le 20 juillet. La variété choisie est Aiwu, qui est une variété de cycle court généralement utilisée par les paysans pour la campagne de contre saison chaude. Il est malheureusement très difficile d'obtenir des semences sélectionnées pour cette variété. Nous nous sommes donc approvisionnés auprès d'un paysan de Nianga qui cultive cette variété en contre saison et en hivernage, et avons vérifié la pureté de la semence ainsi que son pouvoir germinatif (environ 85%). Quant à la date de semis, elle est conditionnée par la mise en route de la station de pompage à Nianga et la disponibilité des tracteurs pour le travail du sol. Au-delà du 15 mars, la probabilité d'avoir terminé la récolte après le 20 juillet augmente fortement.

Excepté la fertilisation, les techniques culturales mises en oeuvre sont identiques à celles que les

paysans utilisent. Plutôt que d'apporter 92 unités de phosphore et 130 unités d'azote (qui correspondent à l'emploi de 200 kg/ha de 18-46-0 et 200 kg/ha d'urée), nous avons choisi d'apporter, pour un coût très légèrement supérieur, plus d'azote et moins de phosphore. En effet, alors que la réponse du riz à des apports croissants d'azote est franchement positive, pour le phosphore cette réponse n'est pas très évidente (Ndiaye & Barry, 1993). Pour "l'engrais de fond" (18-46-0), nous avons choisi d'effectuer l'apport après la mise en eau, et non avant, entre les deux passages d'offset, afin d'éviter des pertes par lessivage. En effet, des analyses de sol effectuées dans la parcelle de Nianga conduisent aux résultats présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Phosphore total et assimilable à différentes profondeurs
Sondages réalisés sur un transect longitudinal dans notre parcelle de Nianga

	sondage n°1		sondage n°2		sondage n°3		sondage n°4	
Horizon	P total	P assim.	P total	P assim.	P total	P assim.	P total	P assim.
0 - 20 cm	251	44.0	281	50.5	278	50.3	278	67.3
20 - 40 cm	222	21.7	190	22.2	190	17.7	108	18.3
40 - 60 cm	162	6.4	90	3.3	75	3.2	56	2.5

N.B. : Les quantités sont exprimées en ppm. Le phosphore assimilable est mesuré par la méthode Olsen-Dabin.

On note une présence relativement importante de phosphore assimilable dans l'horizon 20-40 cm qui n'est pratiquement, voire jamais exploité par les racines du riz (20 ppm de phosphore équivalent à 240 kg/ha pour une couche de 20 cm de sol). Le travail du sol à l'offset n'ensuit l'engrais que dans les 10 à 15 premiers centimètres ; la mise en eau fait le reste... Les apports réguliers d'engrais phosphorés (92 unités par campagne) expliquent la quantité importante de phosphore assimilable dans l'horizon de surface.

1.3 Suivi de l'élaboration du rendement

Pour mesurer l'impact des pratiques sur la culture, des stations de suivi de l'élaboration du rendement ont été installées dans nos parcelles expérimentales ainsi que dans les parcelles témoins (au moins deux stations par parcelle). Ces stations sont nommées G1 à G4 à Nianga, et D1 à D6 à Donaye. Ce suivi permet d'effectuer un diagnostic agronomique sur la croissance de la culture par une observation régulière de l'état de la parcelle et des mesures de composantes du rendement effectuées à différents stades clés :

- Pendant la levée, on mesure la densité de plante 1, 2 et 3 semaines après le semis.
- A l'initiation paniculaire, on mesure la densité de plantes, de talles et la biomasse aérienne du riz ainsi que celle des adventices afin d'évaluer leur infestation.
- A la maturité physiologique, on mesure la densité de panicules, le poids de paille, le nombre de grains (vides et pleins) et le poids de 1000 grains pleins.

Quatre répétitions sont effectuées dans chaque station, et des observations concernant l'état de la culture sont réalisées à intervalle régulier.

Pour analyser l'élaboration du rendement dans chaque station et émettre un diagnostic, nous utilisons un modèle de l'élaboration du rendement du riz irrigué (Durr, 1984). Ce modèle établit des relations entre les différentes composantes de rendement :

$$rdt = nb \text{ de grains par épis} \times nb \text{ d'épis} \times poids \text{ d'un grain}$$

Le nombre de grains est fonction du nombre de fleurs par épis et du taux de stérilité (effet des fortes températures durant la méiose, ou d'un excès d'azote fin montaison - début épiaison). La croissance de la plante jusqu'à la floraison, estimée par le poids de paille à la récolte, influe sur le nombre de fleurs par épis.

Le poids d'un grain est borné supérieurement (caractéristique variétale) et dépend des conditions de remplissage. Une bonne croissance des épis favorise ce remplissage (transfert des assimilats) ; au-delà d'une certaine densité de grain, le remplissage est incomplet (phénomène de compensation).

Le nombre de panicules potentiel est déterminé par la matière sèche accumulée jusqu'à l'initiation

paniculaire. Cette matière sèche est évaluée par la biomasse aérienne au début de la montaison, qui correspond à l'initiation paniculaire. La nutrition (essentiellement azotée) de la plante influe sur le nombre effectif de panicules.

$$\text{nb de panicules potentiel} = f(\text{biomasse aérienne à l'I.P.})$$

La biomasse aérienne à l'initiation paniculaire est fonction de la densité de plantes et de la nutrition des plantes (notamment azotée) jusqu'à ce stade.

$$\text{biomasse aérienne potentielle I.P.} = f(\text{nb de plantes})$$

L'infestation précoce par les adventices induit une compétition entre le riz et les mauvaises herbes pour la lumière et les éléments nutritifs. Lorsque l'infestation est précoce, elle conduit à une faible biomasse de riz ; lorsqu'elle est tardive, elle limite la croissance du riz pendant la montaison, en diminuant le nombre de panicules et le nombre de fleurs.

1.4 Contrôle de paramètres complémentaires

D'autres hypothèses ont été formulées pour expliquer une chute éventuelle des rendements : la salinité, l'évolution du pH, la présence d'éléments toxiques, ou encore celle de nématodes parasites.

Pour les premières, nous avons installé avec l'équipe de pédologie de l'ORSTOM un dispositif de suivi de la solution du sol. Ce dispositif consiste en l'installation de bougies poreuses à trois profondeurs : 0-20 cm, 20-40 cm et 40-60 cm. Le coût d'un tel dispositif et des analyses qu'il suppose étant relativement élevé, nous avons limité son installation à notre parcelle expérimentale de Donaye, où la surveillance est plus facile et dont les caractéristiques conditionnent un risque plus grand d'évolution de la solution du sol (Boivin *et al.*, 1993). Les bougies poreuses ont été placées à proximité des stations de suivi d'élaboration du rendement D1, D3 et D4. Des prélèvements de la solution du sol sont effectués à intervalle régulier à l'aide d'une pompe à vide. Leur analyse permet de suivre l'évolution des caractéristiques physico-chimique de la solution du sol : conductivité, pH, concentrations en anions et cations. Compte tenu de la texture très argileuse et d'un piégeage d'air entre l'horizon de surface et la nappe en profondeur, la quantité prélevée n'a pas été toujours suffisante pour réaliser toutes les analyses.

Une éventuelle toxicité ou carence en certains éléments peut être repérée grâce aux symptômes foliaires qu'il engendre. Les travaux de l'ISRA et de l'ADRAO ne mentionnent pas ce type de problème dans la vallée du Sénégal.

Quant à la présence de nématodes parasites du riz, déjà relevée par Fortuner dans les années 1970 (Fortuner, 1974), nous avons choisi d'effectuer des prélèvements de sol avec racines autour des stations de suivi d'élaboration du rendement. Ces prélèvements sont réalisés à intervalle de 15 à 20 jours depuis le semis jusqu'à la récolte. L'analyse des échantillons, confiée au laboratoire de nématologie de l'ORSTOM à Dakar, permet de connaître la taille des populations de nématodes parasites, notamment *Hirsmanniella oryzae*, dans le sol et dans les racines de riz.

2. Résultats

On distingue deux grandes familles de résultats : la première concerne la réalisation du programme prévisionnel à travers les itinéraires techniques suivis, la seconde concerne l'élaboration du rendement de la culture à travers les mesures effectuées dans les stations de suivi et les dispositifs complémentaires. Notre analyse nous conduira à avancer différentes hypothèses explicatives des résultats obtenus.

2.1 Itinéraires techniques

Les tableaux 3.1 et 3.2 retracent la chronologie des interventions sur nos parcelles expérimentales, les tableaux 3.3 et 3.4, celle observée sur les parcelles "témoins".

Tableau 3.1 : Chronologie des interventions sur la parcelle NG

Date	Stade de la culture	Opération	Modalités
05/02	3-4 feuilles	Brûlis	Offset, 2 passages croisés Nivellement au râteau et destruction des mottes
13/02		Travail du sol	
25/02		Mise en eau	
27/02		Semis	Aïwu, 140 kg/ha Propanil, 10 l/ha 1er apport : 18.46.0 100 kg/ha, Urée 100 kg/ha
01/03		Désherbage chimique	
30/03	début montaison	Épandage d'engrais	2ème apport : Urée 200 kg/ha Timul (Endosulfan 500 CE), 0.4 l/ha
31/03		Désherbage manuel	
07/04		Épandage d'engrais	Localisé, Furadan 3G, 16 kg/ha
16/04		Traitement chenilles	
29/04		Traitement Nématodes	
13/05	50-100% maturité	Gardiennage oiseaux	1052 kg soit 4.6 t/ha
25/05		Drainage	
01/06		Récolte	
01/06		mise en meule	
14/07		battage, vannage	

Tableau 3.2 : Chronologie des interventions sur la parcelle NGt

Date	Stade de la culture	Opération	Modalités
13/02	3-4 feuilles	Travail du sol	Offset, 1 seul passage Nivellement au râteau
25/02		Mise en eau	
26/02		Semis	
01/03		Désherbage chimique	Aïwu, 250 kg/ha Rliof, 3.6 l/ha 1er apport : 18.46.0 35 kg/ha, Urée 125 kg/ha dans la lame d'eau
30/03		Épandage d'engrais	
05/04	début montaison	Désherbage chimique	Rliof, 4.5 l/ha en rattrapage 2ème apport : Urée 175 kg/ha Timul (Endosulfan 500 CE), 0.5 l/ha
15/04		Épandage d'engrais	
01/05		Traitement chenilles	Gardiennage oiseaux
15/05		Gardiennage oiseaux	
25/05		Gardiennage oiseaux	
01/06	50-100% maturité	Drainage	739 kg soit 3.5 t/ha
14/06		Récolte	
22/06		mise en meule	
03/07		battage, vannage	
13/07		battage, vannage	

Tableau 3.3 : Chronologie des interventions sur la parcelle DN

Date	Stade de la culture	Opération	Modalité
03/02	2-3 feuilles	Brûlis	Offset, 2 passages croisés Nivellement au râteau, destruction des mottes, renforcement des diguettes
10/02		Pré-irrigation	
23/02		Travail du sol	
25/02		Mise en eau	Aïwu, 140 kg/ha sur 0.30 ha T.N., 140 kg/ha sur 0.01 ha Propanil (10 l/ha) 1er apport : 18.46.0 100 kg/ha, Urée 100 kg/ha
27/02		Semis	
02/03	début montaison	Désherbage chimique	2ème apport : Urée 200 Kg/ha
29/03		Épandage d'engrais	
31/03		Repiquage des manques	Gardiennage oiseaux
13/04		Épandage d'engrais	
27/04		Désherbage manuel	
05/05	50-100% maturité	Dernière irrigation	47 kg soit 4,7 t/ha
1/06		Gardiennage oiseaux	
20/06		Récolte T.N	
20/06		battage	
02/07		Récolte Aïwu	
28/06	80-100% maturité	mise en meule	1253 kg soit 4,5 t/ha
30/06		battage, vannage	
02/07		battage, vannage	

Tableau 3.4 : Chronologie des interventions sur la parcelle DN1

Date	Stade de la culture	Opération	Modalité
10/02		Pré-irrigation	
23/02		Travail du sol	Offset
25/02		Préparation pépinière	taille pépinière ~ 50 m2
26/02		Semis	T.N., 12 kg, en pré-germé
03/04	4-6 feuilles	Épandage d'engrais	Urée 2 kg (soit ~ 200 kg/ha)
17/04		Mise en eau parcelle	Nivellement au râteau, destruction des mottes
		Désherbage chimique	Ronstar 25EC
19/04	tallage	Repiquage	2-4 pieds/poquets, 10-15 poquets/m2
04/05		Épandage d'engrais	1er apport : 18-46-0 210 kg/ha, Urée 150 kg/ha
25/05	début montaison	Épandage d'engrais	2ème apport : Urée 115 kg/ha
31/05		Désherbage manuel	
09/06			
10/06			
20/06	début floraison		
30/06			
		Gardiennage oiseaux	
11/07			
11/07	100% maturité	Récolte	
		mise en meule	
14/07		battage, vannage	640 kg soit 3.2 t/ha

2.1.1 Préparation du sol et semis

Sur notre parcelle à Nianga, les interventions correspondent au programme prévisionnel fixé. Après le semis nous avons observé une levée relativement rapide et homogène : moins de deux semaines après semis, 90% des plantes étaient levées. Sur la parcelle témoin NG1, un seul passage d'offset a été réalisé (le coût d'un passage d'offset s'élève à 17.000 FCFA/ha) et la lame d'eau était plus épaisse ; la vitesse et la qualité de la levée ont été moindres malgré une dose de semis nettement plus importante.

A Donaye, le groupement avait décidé de réaliser une pré-irrigation pour faciliter la pénétration des disques (le travail d'un sol très argileux est difficile en condition sèche et produit de grosses mottes très compactes). Nous avons profité de cette décision et avons géré cette technique vis-à-vis non seulement de la pénétration des outils de travail du sol, mais aussi et surtout du contrôle de l'enherbement :

- Apport d'une mince lame d'eau lors de la pré-irrigation.
- Attente de levée des adventices et du ressuyage de l'horizon superficiel (0-20 cm), en vérifiant l'état d'humidité du sol sous la croûte de surface ; ce ressuyage est d'autant plus rapide que l'apport d'eau a été limité (l'absence d'un réseau de drainage gêne le contrôle de la quantité apportée).
- Passage de l'offset avec enfouissement des adventices levées (stade 2 feuilles).

La levée a été légèrement moins rapide que sur NG (effet de la pré-irrigation sur la température du sol), mais très régulière. Sur la parcelle témoin DN1, le travail du sol a été également limité à un seul passage d'offset. Le mode de semis et la variété (Taishung Native) ont été décidés par le groupement. Une zone de 100 m2 comprenant une station de suivi (D2) a donc été réservée pour cette variété sur "notre" parcelle afin de pouvoir comparer les résultats. Le repiquage au début du tallage, induisant une reprise plus lente des plantes. Ayant fait remarquer au paysan la faible densité de repiquage à certains endroits (moins de 20 touffes/m2), ce dernier a complété le repiquage dans quelques zones. Cette faible densité de repiquage est fréquemment observée, car plus le repiquage est dense, plus le travail est long.

2.1.2 Contrôle de l'enherbement

Un désherbage chimique au Propanil a été réalisé sur nos deux parcelles environ 1 mois après le semis.

A Nianga, ce désherbage a eu lieu avec un retard d'environ 1 semaine, à cause d'un drainage tardif de la parcelle. Ce retard était d'autant plus grave que l'infestation par de petites cypéracées a été

précoce et importante. Le traitement à 10 l/ha n'a malheureusement eu aucun effet. Un gros travail de désherbage manuel a dû être effectué afin d'éviter l'étouffement de la culture (les adventices ont profité du 1er apport d'urée), mais de nombreux pieds de riz ont été piétinés et la densité a été réduite de plus de moitié dans certaines zones. La parcelle est néanmoins restée infestée de mauvaises herbes (monocotylédones et cypéracées).

A Donaye, l'échec du désherbage chimique a eu de bien moindres conséquences car le travail du sol effectué après une pré-irrigation a permis d'éliminer une grosse partie des adventices précoces (petites cypéracées). L'enherbement a ainsi été moins important et moins précoce.

Cet échec total du désherbage chimique est dû à la qualité du produit (sous-dosage voire absence de matière active) obtenu auprès d'un distributeur officiel à St Louis. Cet aléa est aussi apparu sur les essais conduits par l'ADRAO à Ndiaye et Fanaye.

Sur les parcelles témoins, le désherbage chimique a été réalisé de façon différente :

- Sur DNT, le traitement a été effectué en pré-émergence au cours de la mise en eau de la parcelle. L'infestation par les adventices n'est apparue que dans la seconde partie du cycle (montaison - maturation).
- Sur NGT, le traitement post-levée au Rilof a été réalisé à une dose inférieure à la dose préconisée (6 l/ha), et trop tard vis-à-vis du stade des adventices. Le désherbage de rattrapage n'a eu aucun effet (sous dosage du produit, stade avancé des adventices). Les adventices ont envahi la totalité de la parcelle.

2.1.3 Fertilisation

Sur nos parcelles, les deux apports d'azote ont été effectués après un assec :

- 1) environ 60 unités (100kg/ha de 18-46-0 et 100kg/ha d'urée) après la levée, deux jours après le désherbage chimique ;
- 2) environ 90 unités une semaine avant l'initiation paniculaire, également après assec de la parcelle. L'observation d'une "faim d'azote" sur les deux parcelles nous a conduits à avancer légèrement la date de ce second apport, prévu initialement à l'initiation paniculaire.

Après chaque apport, l'assec a été maintenu encore deux jours avant remise en eau de la parcelle.

Dans la parcelle NGT, du fait d'un retard de livraison des intrants, le 18-46-0 a été apporté également en même temps que le premier apport d'urée. Les deux apports d'engrais ont été faits dans une lame d'eau. Au total, 16 unités de phosphore et 144 unités d'azote ont été apportées.

Dans la parcelle DNT, on remarque un apport d'urée très important dans la pépinière (500g aurait largement suffi). L'apport de 18-46-0 a été fait après le repiquage, en même temps que le premier apport d'urée, à cause également d'un retard de livraison. Ce premier apport est très important (100 P et 110 N), alors que le second est relativement faible (50 N).

2.1.4 Irrigation

La gestion de l'irrigation s'effectue de façon très différente à Nianga et Donaye. Dans le premier cas, la présence d'un réseau de drainage permet d'évacuer la lame d'eau pour effectuer un assec de la parcelle, mais l'existence d'un tour d'eau assez instable entre parcelle peut retarder les apports. Dans le second cas, l'irrigation par siphons depuis le canal principal permet une irrigation pratiquement "à la demande", mais l'absence de drain impose un arrêt de l'irrigation pour vider la parcelle. Cet arrêt doit avoir lieu 8 à 10 jours avant la date prévue pour l'assec.

L'assec réalisé après floraison a été relativement trop tardif à Nianga car l'assèchement de la parcelle s'est révélé très lent du fait de la remontée de la nappe et des pertes latérales des parcelles voisines encore en eau. A Donaye par contre, cet assèchement a été beaucoup plus rapide, mais limité à l'horizon superficiel.

2.1.5 Contrôle de l'état sanitaire et des dégâts causés par les ravageurs

A Nianga, de nombreux dégâts ont été causés par les rats en début de cycle, malgré une destruction systématique des terriers et l'utilisation de nourriture empoisonnée. Durant la montaison, nous avons observé dans une zone de la parcelle située autour de la station G2, un jaunissement des parties aériennes associé à un chevelu racinaire grisâtre, fin et court. Un comptage des nématodes présents dans les racines (Cf. tableau 4) montre une infestation plus marquée dans cette zone (la nécrose des racines s'accompagne d'une sortie des nématodes parasites). Malheureusement, l'absence d'un dispositif de suivi de la solution du sol dans cette parcelle ne nous a pas permis de relier ces symptômes à une élévation éventuelle de la salinité par suite d'une remontée de la nappe (Salvignol, 1993). Un traitement nématicide localisé a été effectué, mais les dégâts éventuels ayant déjà été causés, ce traitement était sans objet. A l'épiaison, une infestation partielle de la parcelle par des chenilles a été contrôlée par un traitement insecticide.

Tableau 4 : Comptage des nématodes parasites dans la parcelle NG

Nb d'individus (<i>H. oryzae</i>)	racines saines	racines nécrosées
par gramme de racines	12	45
par litre de sol	2300	5300

A Donaye, nous avons observé une infestation de la parcelle par des acariens suceurs pendant la floraison. Du fait d'une détection tardive, aucune intervention n'a été réalisée. A la récolte, nous avons effectué des comptages dans la zone la plus fortement infestée (station D7) pour tenter d'évaluer l'impact de cette attaque.

2.1.6 Etat final des parcelles

A la récolte, les parcelles de Donaye sont assez homogènes malgré un enherbement tardif et limité. A Nianga, l'hétérogénéité est beaucoup plus forte. Dans la parcelle témoin, cette hétérogénéité est liée essentiellement à l'enherbement. Dans notre parcelle, trois sources ont été distinguées : la densité de plantes, l'enherbement et le jaunissement précoce des plantes. Sur cette base, nous avons réalisé un zonage de la parcelle présenté dans le tableau 5. Une station de suivi ou un sondage à la récolte correspond à chacune de ces zones. En multipliant les rendements obtenus dans les stations par le pourcentage de la surface de chaque zone, on retrouve le rendement de la parcelle.

Tableau 5 : Zonage de la parcelle NG

zone	densité et enherbement forts	densité forte et jaunissement précoce	densité forte et enherbement faible	densité et enherbement faible	densité faible avec enherbement
superficie	30%	13%	30%	13%	13%
station	G1	G2	G5	G6	G7

2.2 Elaboration du rendement

Les résultats, présentés en détail dans les tableaux 6.1 et 6.2, sont illustrés par des graphiques (Cf. figure 7). Nous avons normé (centrage et réduction) chaque composante afin de pouvoir les représenter dans le même graphique, et comparer ainsi les trajectoires des différentes stations.

Nous commencerons par l'analyse comparative des résultats obtenus sur les stations situées dans les parcelles avec semis direct :

- Le nombre de pieds, composante la plus variable, est plus élevé sur DN. La faible densité de plantes sur NG et NGt, qui n'est pas totalement compensée par un tallage plus fort (NT/NP), est

due à l'enherbement précoce dans les deux parcelles et au désherbage manuel sur NG.

- La biomasse aérienne à l'initiation paniculaire est indicatrice du nombre d'épis potentiel et influe sur le nombre d'épillets. Cette biomasse, ramenée à la densité de plantes, est relativement plus faible sur la parcelle NG.

- Le tallage épis, mesuré par le ratio NE/NP, est plus faible sur les stations D1, D3 et D4 : un déficit de nutrition azotée, indiquée par une "faim d'azote" observée une dizaine de jour avant le début de la montaison, peut être à l'origine de cette chute du nombre d'épis. La station D2 échappe à cette chute du fait de sa légère précocité (4 à 5 jours d'avance sur les autres stations).

- La croissance des épis, mesuré par le ratio MS/NE, est plus forte sur les stations de NG, excepté G2 pour laquelle les symptômes apparents se traduisent par une relativement faible croissance des épis. Sur NGt, la croissance des épis se situe au même niveau que pour G2. A Donaye, cette croissance est plus faible sur D2 que sur les autres stations. Cette croissance des épis sur D2 ne peut malheureusement pas être comparée à celle obtenue sur les stations D5 et D6, qui portent la même variété mais dont le mode de semis est différent.

Tableau 6.1 : Elaboration du rendement sur les parcelles NG et NGt

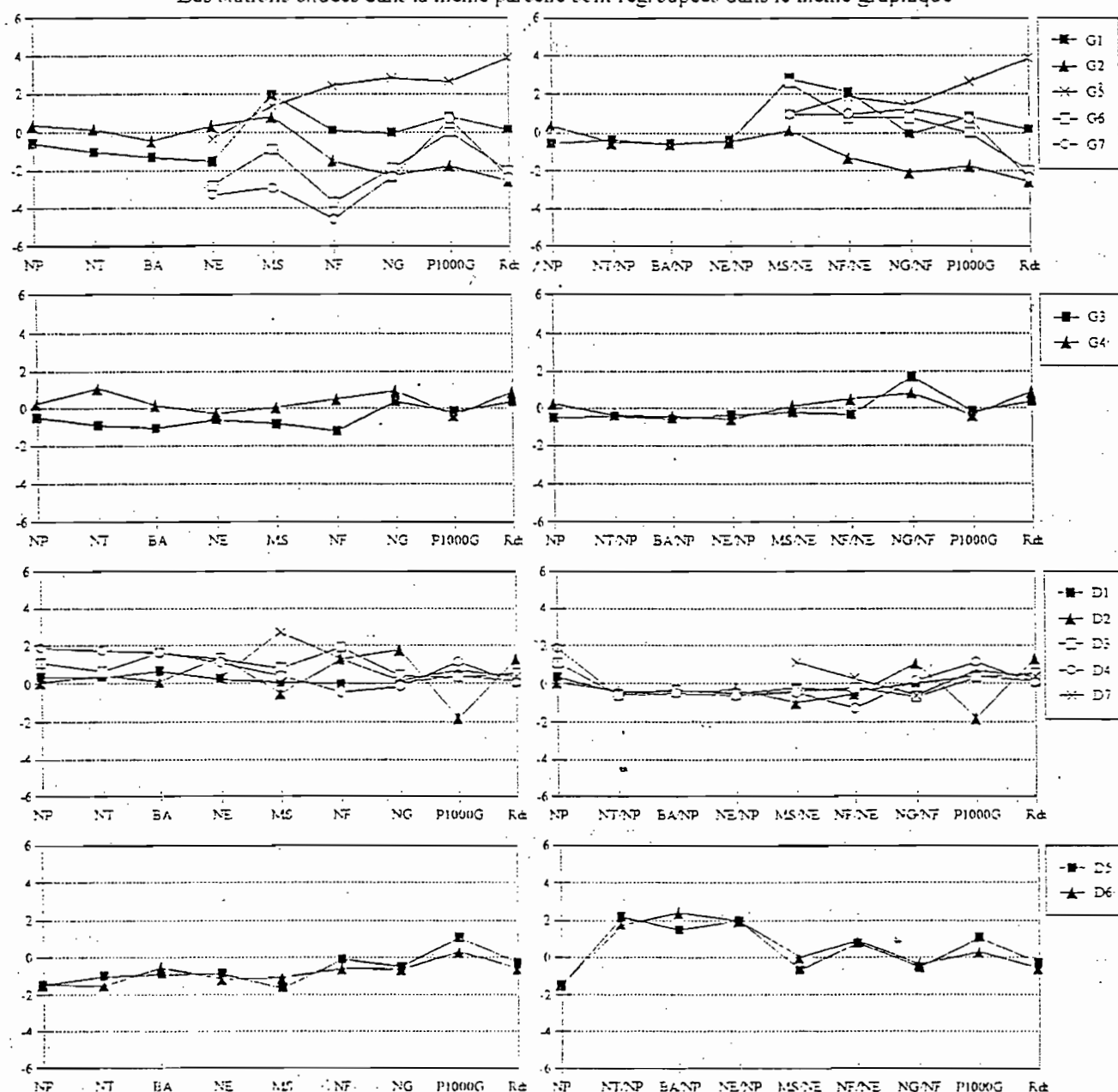
Parcelle	NG					NGt	
Station	G1	G2	G5	G6	G7	G3	G4
nb plantes	270	501				294	464
nb talles	555	831				598	1031
nb talles / plante	2.10	1.66				2.03	2.22
biomasse aérienne (g)	128.2	244.1				160.9	326.9
b.a. / plante (g)	0.48	0.49				0.55	0.70
nb épis	375	577	499	242	188	474	509
nb épis / plante	1.39	1.15				1.62	1.10
poids sec paille (g)	883.6	752.6	817.5	547.3	304.8	556.7	660.8
poids paille / épis	2.36	1.30	1.64	2.26	1.63	1.17	1.30
nb fleurs	35648	28505	45803	18816	14984	29817	37332
nb fleurs / épis	95.06	49.40	91.76	77.66	79.92	62.86	73.41
nb grains	21514	11347	34489	12935	11017	23193	25767
nb grains / fleurs	0.60	0.40	0.75	0.69	0.74	0.78	0.69
poids 1000 gr. (g)	23.43	20.98	25.17	22.65	23.32	22.49	22.27
rendement (t/ha)	5.04	2.38	8.68	2.93	2.57	5.22	5.74

Tableau 6.2 : Elaboration du rendement sur les parcelles DN et DNt

Parcelle	DN (Aiwu)				DN (T.N.)	DNt (T.N.)	
Station	D1	D3	D4	D7	D2	D5	D6
nb plantes	495	671	859		426	61	56
nb talles	870	943	1180		899	580	465
nb talles / plante	1.76	1.41	1.37		2.11	9.55	8.27
biomasse aérienne (g)	401.2	531.4	531.3		320.7	185.7	237.6
b.a. / plante (g)	0.81	0.79	0.62		0.75	3.06	4.23
nb épis	557	682	660	574	685	452	415
nb épis / plante	1.15	1.02	0.77		1.61	7.44	7.39
poids sec paille (g)	664.2	754.2	705.4	979.6	593.3	458.8	524.8
poids paille / épis	1.17	1.11	1.07	1.71	0.87	1.01	1.26
nb fleurs	35157	43690	33027	41034	41052	34877	32736
nb fleurs / épis	62.03	64.11	50.03	71.43	59.94	77.15	78.84
nb grains	21467	23607	20791	22410	29558	19412	18824
nb grains / fleurs	0.61	0.54	0.63	0.55	0.72	0.56	0.58
poids 1000 gr. (g)	23.05	22.95	23.74	23.33	20.92	23.64	22.92
rendement (t/ha)	4.95	5.42	4.94	5.23	6.19	4.59	4.31

- Sur DN et NGt, la relativement faible croissance des épis limite le nombre de fleurs par épis
- Le taux de stérilité est très élevé pour l'ensemble des stations. Pour évaluer l'impact des fortes températures durant la méiose, nous avons simulé à l'aide du logiciel RIDEV le développement du riz (variété Aïwu) avec les températures relevées à la station météorologique de Podor : lorsque la floraison apparaît à partir du 20 Mai, le taux de stérilité dû à la chaleur atteint 25%. Ce taux atteint 60 % sur la station G2 à Nianga, qui présentait des symptômes de jaunissement. Excepté D2, les stations de DN ont taux de stérilité voisin de 40%. Celui mesuré sur D7, situé dans la zone la plus infestée par les acariens à la floraison, est du même ordre. La légère précocité observée sur D2 (variété T.N.) permet d'échapper en partie au stress subi par les autres stations.
- Le poids de 1000 grains oscille entre 21 et 25 g. Les valeurs les plus faibles ont été mesurées sur G2 et D2 qui présentent toutes deux une très faible croissance des épis.

Figure 7 : Elaboration du rendement dans chaque station
Les stations situées dans la même parcelle sont regroupées dans le même graphique



- La relative stabilité des rendements des stations de la parcelle DN traduit l'homogénéité de la parcelle. Sur la parcelle NG, les 5 zones se répartissent dans trois groupes de rendements : un rendement fort (8,7 t/ha) dans la zone de forte densité peu enherbée, un rendement moyen dans la zone à densité et enherbement forts, et un rendement très faible pour les zones à densité faible (G6 et G7) et la zone à densité forte mais présentant des symptômes de jaunissement (G2). Pour NGt, les deux stations suivies ne rendent pas compte de l'hétérogénéité de la parcelle liée essentiellement à la densité et à l'enherbement (le rendement de la parcelle est 3,5 t/ha).

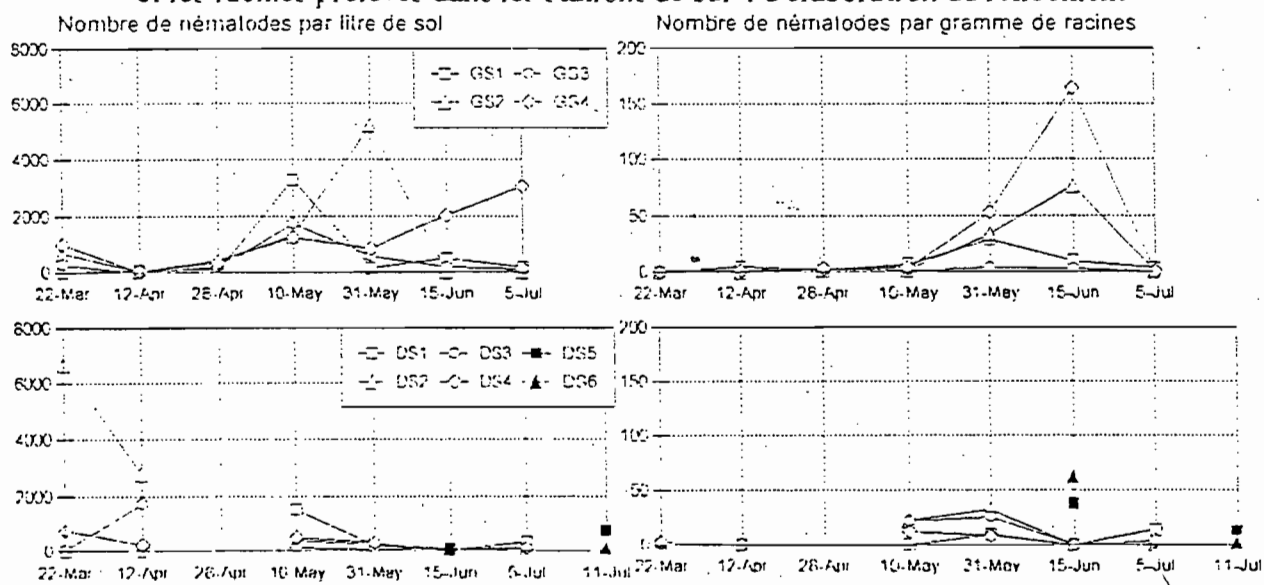
La parcelle DNt ne peut être directement comparée aux trois autres parcelles du fait du repiquage qui induit une structure et un fonctionnement du peuplement très différents : la densité de plantes est beaucoup plus faible et très régulière (environ 60 pieds/m² répartis dans 20 à 25 touffes/m²), le tallage est fort (8 à 10 talles/pied, 7 à 8 épis/pied). Le premier apport d'engrais (120 unités d'azote) permet ce bon démarrage, mais la densité de plantes repiquées peut néanmoins être augmentée (jusqu'à 100 pieds/m², soit 35 à 50 touffes/m²). En effet, les plants ont été repiqués au début du tallage, ce qui induit un stress physiologique important et la compensation de la faible densité de plantes n'est pas totalement compensée par le tallage. Par contre, la faiblesse du second apport d'engrais limite la croissance des épis ainsi que le nombre de fleurs par épis. Le taux de stérilité est plus élevé (supérieur à 40%) que celui simulé par RIDEV avec une floraison au 20 Juin (inférieur à 10%). Le poids de 1000 grains est voisin de 23 g.

2.3 Evolution des autres paramètres

2.3.1 Dynamique de population de nématodes parasites

L'analyse des prélèvements de sol avec racines montre la présence d'une population de nématodes parasites du riz (*Hirschmanniella oryzae*) dans la plupart des stations de suivi (Cf. Figure 8). La dynamique de population observée dans les stations situées à Donaye est assez différente de celle observée à Nianga.

Figure 8 : Evolution de la population de nématodes parasites (*Hirschmanniella oryzae*) dans le sol et les racines prélevés dans les stations de suivi d'élaboration du rendement



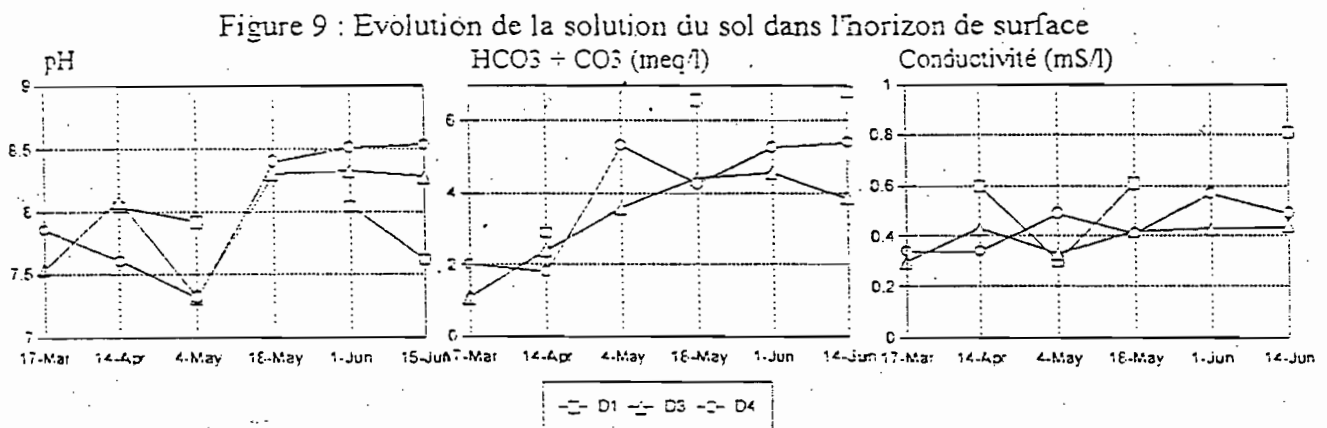
A Nianga, les comptages réalisés dans le sol montrent une infestation générale des stations ; ceux réalisés dans les racines montrent que l'infestation concerne principalement les stations G2, G4 et, dans une moindre mesure, G1. Pour ces trois stations, la dynamique de population de nématode

suit le schéma suivant (Fortuner, 1976; Cadet & Quénéhervé, 1982) : croissance de la population dans le sol jusqu'au début de la montaison (fin Avril - début Mai), puis pénétration et prolifération dans les racines de riz pendant la montaison et l'épiaison (Mai - Juin), enfin retour des nématodes dans le sol pendant la phase de maturation du riz et de vieillissement des racines. Le traitement nématicide réalisé sur G2 explique la disparition des nématodes dans le sol et leur faible prolifération dans les racines à partir du 15/06. L'impact de cette infestation sur l'état sanitaire et l'élaboration du rendement du riz n'est pas évident. En effet, la station G4 qui est fortement infestée, ne présente pas de similarité avec G2 aux plans de l'état de la culture et de l'élaboration du rendement.

A Donaye, les mesures effectuées concernent essentiellement la parcelle DN. La population de nématodes dans le sol et dans les racines reste assez réduite. On remarque néanmoins une forte chute de la population dans les racines en Juin, pendant la floraison. La population de nématodes dans le sol est également très faible à la même époque.

2.4.2 Evolution de la solution du sol

Rappelons que ces mesures ne concernent que les stations D1, D3 et D4 dans la parcelle DN. Nous nous limiterons dans cette présentation à l'évolution du pH, des carbonates et de la conductivité électrique dans l'horizon de surface (Cf. figure 9).



Les mesures de pH de la solution du sol montrent une tendance d'évolution vers l'alcalinité. Cette évolution est liée à une accumulation des carbonates dans la solution du sol à la suite de la concentration sur place de l'eau d'irrigation. Cette évolution a une conséquence à court terme : l'augmentation du pH augmente le risque de volatilisation de l'azote apporté par les engrais (Mikkelsen *et al.*, 1978). A long terme, ce processus s'amplifie jusqu'à interdire toute culture (Boivin *et al.*, 1993).

La salinité, évaluée par la conductivité électrique, demeure faible tout au long du cycle. Elle ne constitue donc pas à Donaye un facteur limitant des rendements.

3. Hypothèses explicatives et conclusion

A Nianga, l'enherbement constitue le premier facteur de limitation des rendements : le développement précoce des adventices a conduit à une forte compétition pour les éléments nutritifs, notamment l'azote, durant la première phase du cycle (jusqu'à l'initiation paniculaire) induisant une faible biomasse aérienne. Le second facteur limitant est un stress thermique lié aux températures élevées lors de la floraison qui ont conduit à une stérilité de 20 à 25% des fleurs. Le piétinement lors d'entretien manuel a également réduit la densité de plantes. Les zones les plus enherbées (2^{ème} génération d'adventices) ont également vu leur croissance limitée durant la

montaison et l'épiaison (stations G3 et G4). Néanmoins, l'enherbement et les températures ne constituent pas les seuls facteurs limitants, notamment dans la zone présentant des symptômes de jaunissement précoce, ou sur la station G1 où la stérilité atteint 40%. Un suivi de la qualité de la solution du sol aurait permis de détecter un problème de salinité excessive. Quant à la présence de nématodes parasites, son impact sur les composantes de rendement semble masqué par celui des autres facteurs.

Sur la parcelle DN, du fait d'un contrôle précoce par la pré-irrigation et le travail du sol, l'infestation par les adventices a été très tardive et limitée. La croissance du riz est satisfaisante durant la première phase du cycle, mais elle chute pendant la montaison malgré un second apport d'azote important. Mais l'élévation du pH peut à l'origine d'une perte d'azote par volatilisation. Les températures pendant la floraison n'expliquent pas seules les taux de stérilité mesurés, et l'impact de l'infestation par les acariens est difficile à évaluer. Le suivi de la dynamique de population de nématode indique néanmoins l'apparition de conditions défavorables pour cet endo-parasite durant la floraison du riz, qui coïncide avec une très forte teneur en carbonates dans la solution du sol.

Sur la parcelle DNt, la faible densité de repiquage et l'âge avancé des plants est à l'origine de la faible densité d'épis. L'enherbement et l'insuffisance du second apport d'azote contribuent à expliquer la faible croissance durant la montaison et l'épiaison. Le taux de stérilité est également beaucoup plus élevé que celui dû aux fortes températures, et l'infestation par les acariens, si elle s'est manifestée, a eu lieu à un stade de la culture plus précoce. Située dans le même contexte hydro-pédologique, l'évolution de la solution du sol dans cette parcelle devrait être du même type que celle observée dans la parcelle DN : élévation du pH et de la concentration des carbonates.

La conduite des deux parcelles expérimentales NG et DN, malgré quelques accidents de parcours, a permis de produire des rendements légèrement supérieurs à des parcelles témoins (leur conduite a d'ailleurs été fortement influencée par notre présence). A Nianga, l'échec du désherbage chimique explique en grande partie la faible performance. A Donaye par contre, le faible rendement obtenu est lié au fort taux de stérilité dont l'origine n'est pas clairement identifiée. Il en résulte néanmoins une remarque importante quant à l'utilisation de la pré-irrigation conjuguée au travail du sol sur la maîtrise de l'enherbement précoce.

4. Dispositif pour l'hivernage 1994

4.1 Maîtrise technique de la riziculture irriguée

En hivernage, nous reconduirons notre dispositif sur les deux parcelles expérimentales, en ayant soin à Nianga d'effectuer un contrôle précoce des adventices par l'utilisation d'un désherbage en pré-émergence (la pré-irrigation est "interdite" sur ce périmètre). Nous testerons également l'effet d'un traitement au Furadan (1 kg/ha de matière active) afin de mesurer un éventuel impact des nématodes parasites. Dans les deux cas, nous planterons, toujours par semis direct, la variété Jaya si le semis a lieu avant le 20 Août, ou une variété plus précoce sinon.

4.2 Caractérisation des systèmes de riziculture irriguée

L'itinéraire technique mis en œuvre sur une parcelle est la résultante d'un processus de décision qui dépasse l'échelle de la parcelle. Ainsi, le fonctionnement de l'unité de production d'une part, et d'autre part, celui du périmètre géré par des organisations paysannes, influent sur le choix des techniques. Le dispositif s'appuie donc sur le choix de quelques paysans cultivant plusieurs parcelles de riz dans différents types d'aménagement. Ce choix est guidé par la volonté d'une part d'observer une large gamme de systèmes de riziculture, et d'autre part, de se situer chez des acteurs pour lesquels l'agriculture irriguée constitue la principale activité.

Le suivi de toutes les parcelles cultivées, rizicoles ou non, par chaque paysan permet alors d'identifier la place de la parcelle (et du système de culture) dans l'ensemble de ses activités agricoles. De même, le suivi des décisions prises par les O.P. chargées de gérer les aménagements permet d'identifier certains déterminants des pratiques observées à l'échelle de la parcelle. Pour les 7 paysans suivis en 1994, 22 parcelles rizicoles ont été implantées en hivernage. Une à quatre "stations" de suivi ont été installées dans chacune d'elles. Le tableau suivant rassemble diverses caractéristiques relatives aux parcelles suivies (les parcelles DJL et G1 correspondent aux parcelles expérimentales).

Caractéristiques des parcelles suivies pendant l'hivernage 1994

Périmètre		Parcelle	Surface (ha)	Paysan	Stations	Succession et Saison Culturelles	Variété	Mode de Semis	Dates de semis et de repiquage
Grand Périmètre de Nianga	SUMA Guia 3	G1	0,23	Thierry	GS1 GS2	D.C. HIV	DJ 12519	D	24/08
		G2	0,21	I.D.	GS3 GS4	D.C. HIV	Jaya	D	24/08
		G3	0,43	I.D.	GS8 GS9	D.C. HIV	Jaya + Aïwu	D + R	24/08 (R: 7/09)
	SUMA Diawara	N2	0,55	M.S.D.	NS2 NS3	D.C. HIV	Aïwu	D	21/08
	Maille Commune Casier Pilote	O4	0,70	M.B.	OSC OSD	D.C. HIV		R	R : 1/09
		O7	0,70	M.D.W.	OSA OSS	S.C. HIV	I K P	D	25/08
PIV Diawara 6 ha		N3	0,11	M.S.D.	NS4	S.C. HIV	I K P	D	15/09
PIV FED Guia 4		G5	0,50	I.D.	GS5	S.C. Inter	Jaya	D	18/08
		G6	0,50	I.D.	GS6	S.C. Inter	Jaya	D	18/08
		G7	0,50	I.D.	GS7	S.C. Inter	Jaya	D	18/08
Donaye IT1 (irrigation par siphon pas de drains)		DJL	0,33	J. Luc	DJ1 DJ2 DJ3 DJ4	D.C. HIV	Jaya IR 15 Jaya Jaya	D	31/07
		D1	0,25	M.ND	DS1 DS2	S.C. HIV	IR 15	R	S : 30/06 R : 31/07
		D2	0,25	M.ND	DS3 DS4	D.C. HIV	I K P	D	4/08
Donaye IT2 (idem IT1)		D3	0,64	A.S.	DS7 DS8	S.C. HIV	IR 15	R	S : 3/07 R : 12/08
Béké Wéké (petit périmètre privé)		D4	0,10	A.S.	DS6	S.C. HIV	IR 15	R	S : 3/07 R : 24/08
		D5	0,26	A.S.	DS5	S.C. HIV	Jaya	D	3/08
PIV Donaye 1		D6	0,10	M.ND	DS9	S.C. HIV	IR 15	D + R	7/08 (R: 24/08)
GIE Betowo (petit périmètre privé)		O1	0,47	M.B.	OS1 OS2	S.C. HIV		R	
		O2	0,47	M.B.	OS3 OS4	S.C. HIV		R	
		O3	0,47	M.B.	OS5 OS6	S.C. HIV		R	
		O5	0,35	M.B.	OS7	S.C. HIV		R	
		O6	0,45	M.B.	OS8 OS9	S.C. HIV		R	

S.C.: Simple Culture ; D.C.: Double Culture

Les caractéristiques pédologiques de chacune des parcelles (granulométrie, pH, CE...) seront identifiées à l'aide de sondages à différentes profondeurs (0-20, 20-40 et 40-60 cm) et selon un transect longitudinal. Le même type de suivi que pour la campagne de contre saison chaude sera effectué dans chacune des stations : mesure des composantes de rendement (4 répétitions par station), observation régulière de l'état de la culture à l'échelle de la station et de la parcelle, relevé des itinéraires techniques à l'échelle de la parcelle.

Des prélèvements de sol avec racines seront réalisés à intervalle de 15 jours afin d'établir la

dynamique des populations de nématodes dans chaque station. Des mesures de conductivité électrique seront effectuées sur ces prélèvements afin d'identifier d'éventuels problèmes de salinité à l'échelle de la station. L'évolution physico-chimique de la solution du sol sera évaluée par la mesure régulière (aux mêmes dates que les "prélèvements nématodes") du pH et potentiel d'oxydoréduction.

Bibliographie

Boivin, P., Brunet, D., Gascuel, C., Zante, P., Ndiaye, J.P., 1993. Les sols "lourds" de la vallée alluviale, région de Nianga-Podor : répartition, caractéristiques, aptitudes et risques liés à leur mise en valeur. Atelier ISRA-ORSTOM "Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 19-21 Oct. 1993, St. Louis, actes à paraître.

Cadet, P., et Quénhervé, P., 1982. Action des nématicides en rizière inondée contre *Hirschmanniella spinicaudata*. Revue Nématologie, 5 (1), 1982, pp.93-102.

Dingkuhn, M., 1994. Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel. III. Characterizing environments by simulating crop phenology. Agricultural Systems, à paraître.

Dingkuhn, M., Le Gal, P.Y., et Poussin, J.C., 1993. "RIDEV : un modèle de développement du riz irrigué pour le choix des variétés et calendriers culturaux". Atelier ORSTOM-ISRA "Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", St Louis, 19-21 Oct. 1993. Actes à paraître.

Durr, C., 1984. Systèmes de culture et élaboration du rendement du riz (*Oryza sativa* L.) en Camargue. Thèse de Docteur-Ingénieur "Sciences Agronomiques". I.N.A.-P.G., nov. 1984.

Fortuner, R., 1974. Evaluation des dégâts causés par *Hirschmanniella oryzae*, nématode endoparasite des racines du riz irrigué. L'Agronomie Tropicale, vol.29, n°6-7, Juin-Juillet 1974, pp.708-714.

Fortuner, R., 1976. Etude écologique des nématodes des rizières du Sénégal. Cahiers ORSTOM, série Biologie, vol.11, n°3, 1976, pp.179-191.

Mikkelsen, D.S., De Datta, S.K., et Obcemea, W.N., 1978. Ammonia volatilization losses from flooded rice soils. Soil Science Society of America Journal, vol.42, 1978, pp.725-730.

Ndiaye, J.P., et Barry, B., 1993. Fonctions de production, isoquantes et doses optimales d'azote, de phosphore et de potassium pour quelques cultures dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Atelier ORSTOM-ISRA "Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", St Louis, 19-21 Oct. 1993. Actes à paraître.

Poussin, J.C., 1993. Gestion technique de la riziculture irriguée. Atelier ORSTOM-ISRA "Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", St Louis, 19-21 Oct. 1993. Actes à paraître.

Salvignol, C., 1993. Gestion de l'eau en riziculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. Essai de bilan hydrique et salin. Mémoire de fin d'étude, I.E.S.I.T.P.A., ORSTOM.

Rapport d'avancement des travaux Expérimentations ORSTOM-FED dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, région de Nianga-Podor.

P. Boivin, J. L. Maeght, J.C. Poussin et T. Serres, ORSTOM Dakar.

Bilan hydro-salin et évolution (géo)chimique des sols en rizière irriguée Campagne de contre-saison 1994

Contenu

Ce rapport présente les résultats d'une étude du bilan hydro-salin sous riziculture irriguée, dans le périmètre IT1 de Donaye. Des conclusions sur l'impact environnemental de la riziculture en sont tirées.

Rappel des objectifs

Les expérimentations conduites sont destinées à formuler un diagnostic sur la performance et les potentialités des systèmes rizicoles pratiqués. En particulier, on cherche à mettre en évidence les différents facteurs d'élaboration des rendements, et à définir la durabilité des systèmes. De ce point de vue, un problème environnemental (dégradation des sols) a été posé (Boivin et al, 1993). L'étude présentée ci-après fait donc partie d'un ensemble d'expérimentations destinées à fournir les éléments du bilan hydro-salin sous riziculture inondée, en fonction du mode de gestion de l'eau et du type de sol, afin de définir dans l'espace et dans le temps l'ampleur des risques de dégradation. Dans le même temps, la connaissance des caractéristiques du sol pendant le cycle cultural et les éléments de bilan hydrique pourront aider à une meilleure conduite de la culture

Dégradation des sols : bref rappel théorique

Facteurs de dégradation

Dès lors qu'un sol est irrigué, il est soumis à des risques de dégradation liés soit à la modification du régime hydrique, soit à la composition de l'eau. En effet, si pure soit-elle, l'eau d'irrigation contient des éléments minéraux, contrairement à l'eau météorique.

Sous climat aride, certains risques particuliers sont à considérer. La forte demande évaporatoire tend en effet à imposer un mouvement ascendant de l'eau du sol - et donc des sels qu'elle contient - et une accumulation résiduelle des sels en surface du sol lorsque l'eau s'évapore.

Concrètement, les risques identifiés pour la vallée du fleuve Sénégal sont de quatre types, plus ou moins liés entre eux :

Dégradation liée à l'engorgement du sol (hydromorphie)

Dégradation liée au travail du sol (contraintes mécaniques)

Dégradation liée à l'accumulation de sels neutres (salinisation)

Dégradation liée à l'évolution chimique des eaux se concentrant (alcalinisation et sodisation).

Seuls les trois derniers points sont à l'étude. Les notions de salinisation, de sodisation et d'alcalinisation méritent d'être rappelées.

Salinisation : il s'agit d'une accumulation de sels solubles dans le profil de sol. Si ces sels sont neutres, la principale conséquence sera un stress hydrique pour les plantes, en raison de l'augmentation de la pression osmotique.

Si les sels ne sont pas neutres, la variation de pH provoquée pourra représenter un risque de dégradation ou un facteur de toxicité (ci-après). Si les sels contiennent une trop grande proportion de sodium par rapport au calcium, le sodium va s'accumuler sur le complexe d'échange des argiles : ceci s'appelle une sodisation. Lorsque le sodium représente plus de 10% du complexe d'échange, la sodisation se manifeste par une dispersion des argiles et un effondrement de la structure du sol, s'accompagnant d'une hausse du pH. Cette évolution est très dommageable pour les qualités agronomiques du sol, et la récupération d'un sol sodisé peut s'avérer difficile et coûteuse.

Alcalinisation : Il s'agit d'une accumulation de bases faibles provoquant une hausse du pH. Ce risque est un risque majeur pour les sols de la vallée du fleuve Sénégal : nous en rappellerons donc le mécanisme.

L'eau du fleuve Sénégal est de composition constante au cours de l'année. Elle est très peu chargée (58 μ S/cm de conductivité électrique), de pH neutre (6.9 in situ) et plus riche en calcium qu'en sodium. Elle ne présente donc pas, en l'état, de risque de sodisation. Cette eau peut cependant se révéler très dangereuse. Elle est en effet légèrement excédentaire en carbonates (une base faible) (on dit alors que son alcalinité et son alcalinité résiduelle sont positives). Ce léger excédent a de lourdes conséquences si l'on tient compte du fait que l'eau se concentre par évaporation lorsque l'on irrigue.

Lorsque l'eau se concentre dans les rizières, les espèces minérales en solution se concentrent également. Ceci jusqu'à ce que le produit de solubilité d'un minéral soit atteint. Le premier minéral qui précipite lorsque l'on concentre cette eau est la calcite (carbonate de calcium). Or les carbonates sont relativement plus abondants que le calcium dans l'eau. Le mécanisme de précipitation laisse donc les carbonates excédentaires en solution : le déséquilibre entre carbonates et calcium a donc été accentué. Le mécanisme de précipitation dépend du produit des concentrations en calcium et en carbonates, qui doit être constant. Puisque la teneur en carbonates a augmenté relativement à la teneur en calcium, en cas de nouvelle concentration de l'eau, une nouvelle précipitation de calcite se produira, pour une teneur de l'eau en calcium plus faible que précédemment, et une teneur en carbonates plus élevée : le phénomène s'auto-amplifie au cours du temps, et aboutit à une eau fortement déséquilibrée, riche en carbonates et donc alcaline, et très pauvre en calcium et donc sodisante.

On le comprend, avec une eau de ce type, il faut impérativement éviter que le bilan hydrique soit déficitaire, il faut s'assurer au contraire qu'il y a lessivage de l'excédent de carbonates (et non accumulation résiduelle). Or aucun périmètre de la moyenne vallée ne prend réellement de précaution, faute d'avoir pris en compte ce risque. Les périmètres les mieux drainés le sont insuffisamment, et rejettent bien souvent leurs eaux dans une autre cuvette, ne faisant que déplacer le problème dans le paysage. Enfin, même en cas de drainage, les irrigations excessives pratiquées ont tendance à remonter les nappes phréatiques superficielles. Elles deviennent alors affleurantes et alimentent en

permanence un flux évaporatoire qui provoque l'alcalinisation.

Facteurs de résistance des sols

Face à ce risque majeur, les sols de la région sont plus ou moins bien armés pour résister. Les sols de levées (texture sableuse à argilo-sableuse) sont les plus fragiles.

Les sols hollaldés (cuyettes argileuses) sont formés d'argiles riches en cations bivalents, susceptible de compenser le déficit de l'eau d'apport. Ils contiennent de même du gypse qui pourra également, en se dissolvant, fournir du calcium. Enfin, ils possèdent souvent une acidité d'échange non négligeable, et un pH acide.

Mais il convient d'être très clair sur ce point : tous ces éléments ne fournissent qu'un capital de résistance à l'alcalinisation, capital qui sera progressivement consommé.

Conclusion sur les possibilités de dégradation des sols

L'alcalinisation est a priori inévitable compte tenu du mode de gestion actuel de l'eau. Nous souhaitons donc :

- vérifier si des signes sont déjà perceptibles (alcalinisation ou disparition du "capital de résistance" des sols?) :
- établir l'ampleur des risques dans l'espace et dans le temps, en fonction des caractéristiques initiales des sols et du mode de gestion de l'eau.

Choix du site

Le site qui fait l'objet de ce rapport a entre autres été retenu parce qu'il présente :

- les risques de dégradation les plus élevés, de part son mode de gestion :
- les capacités de résistance les plus grandes, en raison de ses caractéristiques initiales.

Risques élevés : les périmètres IT sont planés, bien aménagés, non pourvus de drains, et ceinturés de digues puissantes (anti-inondation). Cette configuration fait qu'à priori, et sauf transfert important à travers les sols, l'eau apportée pour l'irrigation ne peut que se concentrer sur place. Le bilan salin est donc accumulateur.

Bonne résistance des sols : ce sont des sols très argileux, acides et riches en gypse.

Première partie : bilan hydrique sous culture

Dispositif expérimental et résultats

Une parcelle de 0.33 ha (également suivie au plan agronomique : cf. premier rapport d'avancement des travaux) a été équipée pour :

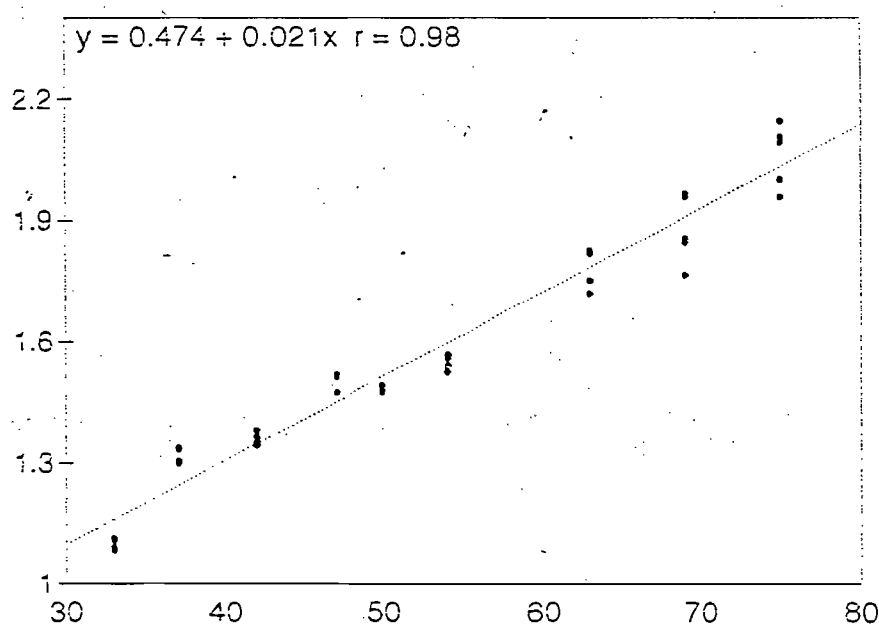
- mesurer les entrées d'eau (apports par irrigation) et la qualité de l'eau :
- mesurer l'infiltration de l'eau dans le sol, son stockage, et la recharge de la nappe :
- mesurer l'évapo-transpiration :
- mesurer le stock d'eau de surface (lame de submersion) et ses variations :
- suivre la composition de l'eau du sol, de surface et de nappe (conductivité, pH et ions majeurs).

Entrées d'eau

L'irrigation se fait depuis un canal surélevé, au moyen de siphons. Une échelle a été placée dans le canal, permettant de lire la hauteur d'eau. Cette mesure ainsi que toutes les suivantes ont été reliées à une même borne.

Le débit provenant des siphons a été étalonné en fonction du dénivelé (hauteur dans le canal, sortie du siphon). Les siphons sont toujours positionnés sur une planche permettant de garder un niveau de sortie constant. Etant donné les faibles variations de hauteur d'eau dans le canal par rapport au dénivelé entrée/sortie du siphon, la relation débit /hauteur dans un siphon peut être assimilée à une droite.

Sur des intervalles de temps chronométrés, et pour différentes hauteurs d'eau dans le canal, les débits au siphon ont été mesurés. Ceci permet de dresser l'abaque et d'ajuster la relation ci-après:



Abscisse : dénivelé entre l'eau du canal et la sortie du siphon en cm

Ordonnée : litres par seconde et par siphon.

Avec la relation : débit (l/s) = $0.474 + 0.021 \cdot H$, relation valable pour des dénivelés H compris entre 30 et 80 cm.

Soit pour une lecture directe H à l'échelle du canal :

Débit (l/s) = $-3.621 + 0.021 \cdot H(\text{cm})$

On utilise pour chaque apport d'eau la hauteur moyenne de l'eau dans le canal entre le début et la fin du siphonnage (faute d'un suivi limnimétrique).

Infiltration de l'eau dans le sol

Cette infiltration est mesurée au moyen de trois anneaux de 1.06 m de diamètre, enfoncés dans le sol de la rizière, permettant d'évaluer sur une unité de surface les pertes par évapo-transpiration

et infiltration. La soustraction de l'évapo-transpiration déterminée sur lysimètres (ci-après) permet d'obtenir l'infiltration. La première phase d'imbibition a fait l'objet d'un suivi plus particulier. Les mesures dans les anneaux ont été faites une fois par semaine sur une durée de 24 h.

L'évolution de la perte moyenne sur les anneaux est présentée en figure 2

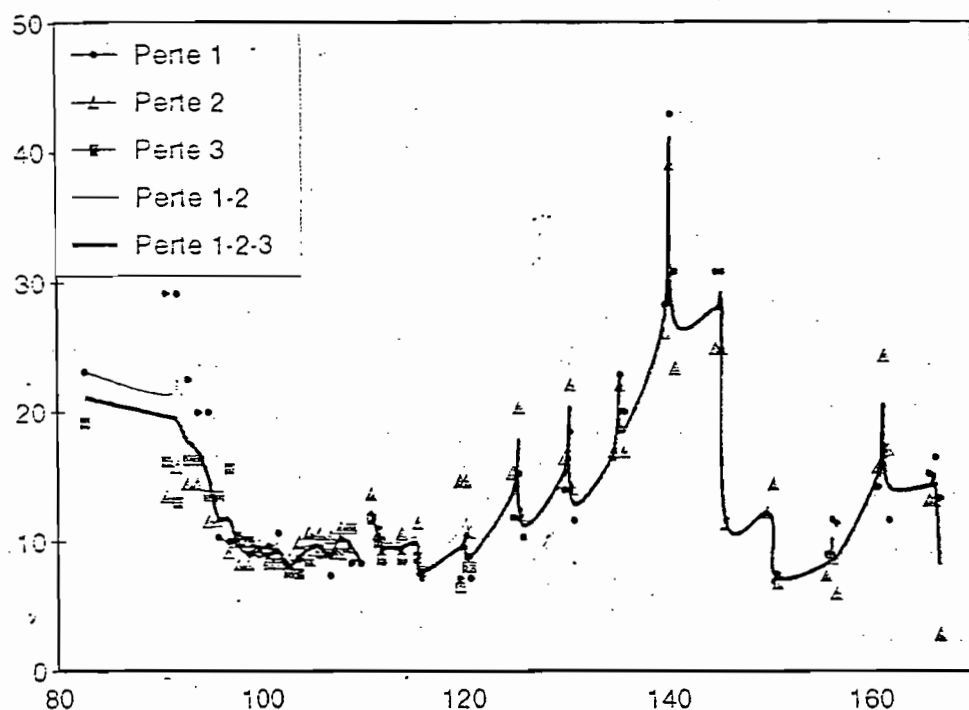


Figure 2 : Perte moyenne (infiltration et évapotranspiration) aux anneaux en mm/jour

Les pertes évoluent de la façon suivante :

- une perte importante au départ (jusqu'au jour 100 environ), cette perte repose sur peu de mesures, dont certaines semblent erronées. Il est toutefois possible qu'une recharge en eau du sol se soit produite jusqu'à la fin mars (ci-après);

- une période relativement stable (jusqu'au 120e.jour environ), correspondant à la période de croissance lente du riz, et durant laquelle les pertes dans les anneaux sont égales à l'ETR (ci-après);

- une période de hausse brutale correspondant à la phase de croissance du riz et de hausse des températures. Les pertes passent alors de 10 à 20 mm/j.

Lysimètres

Trois lysimètres ont été installés. Comme pour les anneaux, on a veillé à ce que le riz ait une densité dans le lysimètre égale à la densité moyenne dans la parcelle. Les lysimètres sont munis d'orifices permettant à l'eau de circuler librement. Tous les cinq jours, les orifices sont obscurés, et une mesure d'abaissement de la lame d'eau est faite sur vingt quatre heures. Les mesures d'ETR ainsi effectuées sont reproduites en figure 3.

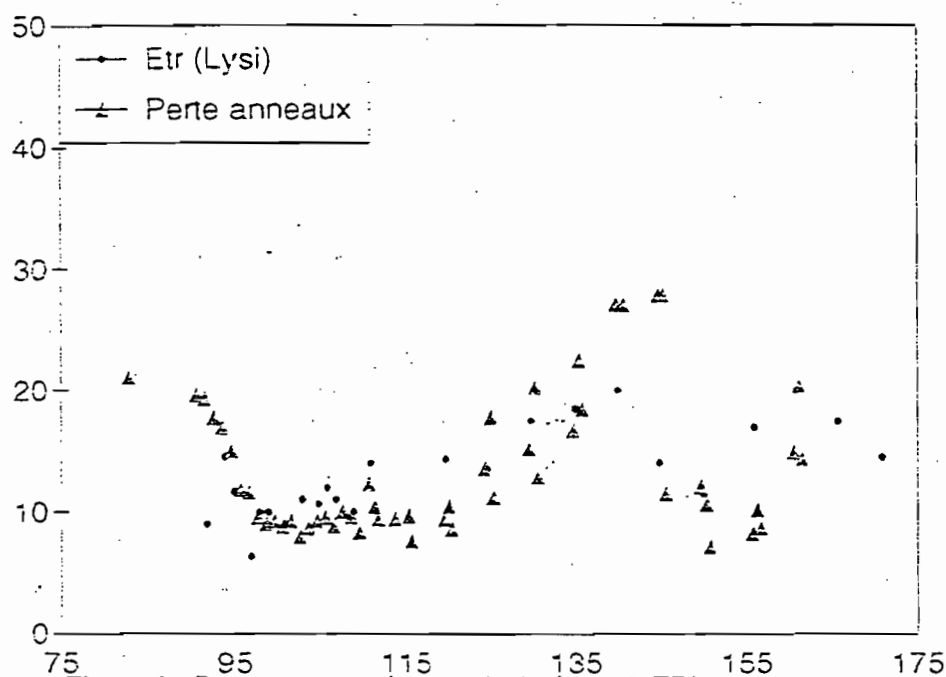


Figure 3 : Pertes comparées aux lysimètres (ETR) et aux anneaux (ETR+infiltration) en mm/j. En abscisses : jour de l'année.

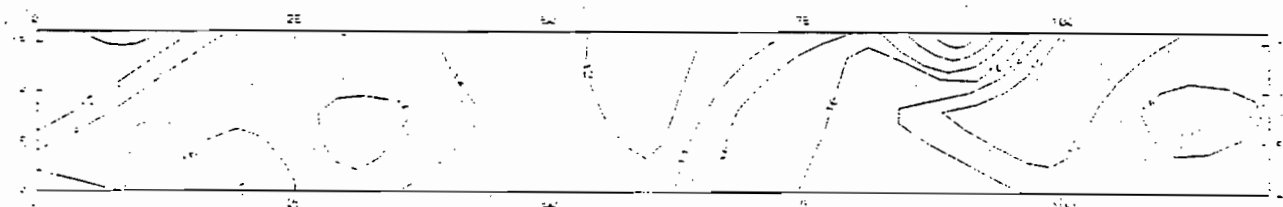
On note une parfaite superposition des mesures sur lysimètres et sur anneaux. Le bruit observé correspond d'une part à la variabilité de l'état du riz entre les différents appareils (malgré un contrôle de la densité), et d'autre part à certaines erreurs de mesures mentionnées plus tôt, et qui portent vraisemblablement sur un relevé trop approximatif de l'heure d'observation par l'observateur.

De ces deux séries de mesures, on peut déjà conclure à une quasi absence de percolation. Il ne se produit donc aucune infiltration, ni lessivage du sol. Ces conclusions sont confirmées par l'observation du fonctionnement du sol sous lame d'eau.

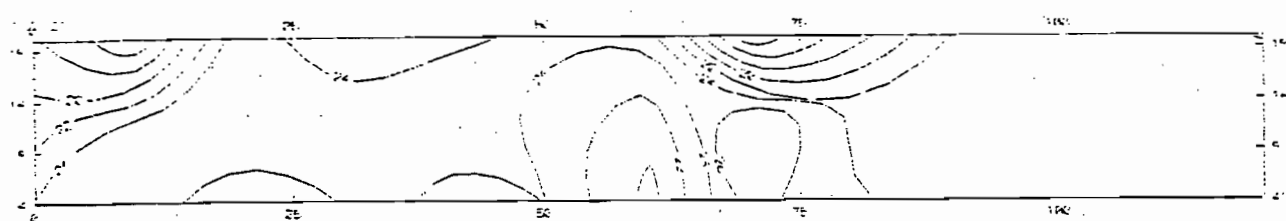
Recharge en eau du sol

Le stock d'eau du sol a été évalué par gravimétrie, avant et durant la culture.

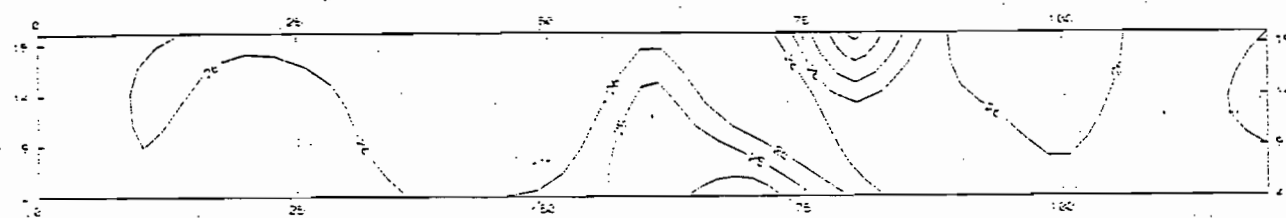
Les cartes d'humidité pondérale du sol aux profondeurs 10, 35 et 70 du 02/02/94 (avant culture) figurent ci-après (mesures effectuées sur 39 profils).



Profondeur 10cm. teneurs en eau en ‰



Profondeur 35 cm



Profondeur 70 cm

Les valeurs moyennes et écarts types sont :

Profondeur	10	35	70
Moyenne	14.03	22.95	25.75
Ecart type	2.76	3.09	1.08

Le 08/03/94, les profils d'humidité moyens sont :

Profondeur	10.00	35.00	70.00
Moyenne	35.62	31.03	29.83
Ecart type	2.36	1.90	1.42

Le 30/03 : (à sec)

Profondeur	HP Moyen	Le 21 /04 : Prof	HP
10.00	17.81	10	38.33
30.00	28.49	35	31.55
50.00	28.18	70	30.82
70.00	27.08		
90.00	26.89		

L'évolution des profils d'humidité pondérale est récapitulée sur la figure 4. On peut y observer les valeurs d'humidité pondérale avant irrigation, deux profils à saturation, et le profil correspondant au premier "à sec".

On constate :

- que l'humidité du sol ne varie plus à partir de 80 cm;
- que la saturation du sol dans les horizons supérieurs a été très progressive. Ceci correspond à un important piégeage d'air dans le sol, qui se produit à la mise en eau, et contribue à bloquer l'infiltration de l'eau. La saturation complète ne se fait que lorsque l'air piégé est totalement dissous : un mois après la mise en eau, des bulles d'air se dégagent encore abondamment du sol lorsque l'on y enfonce une pique (entre 20 et 60 cm).

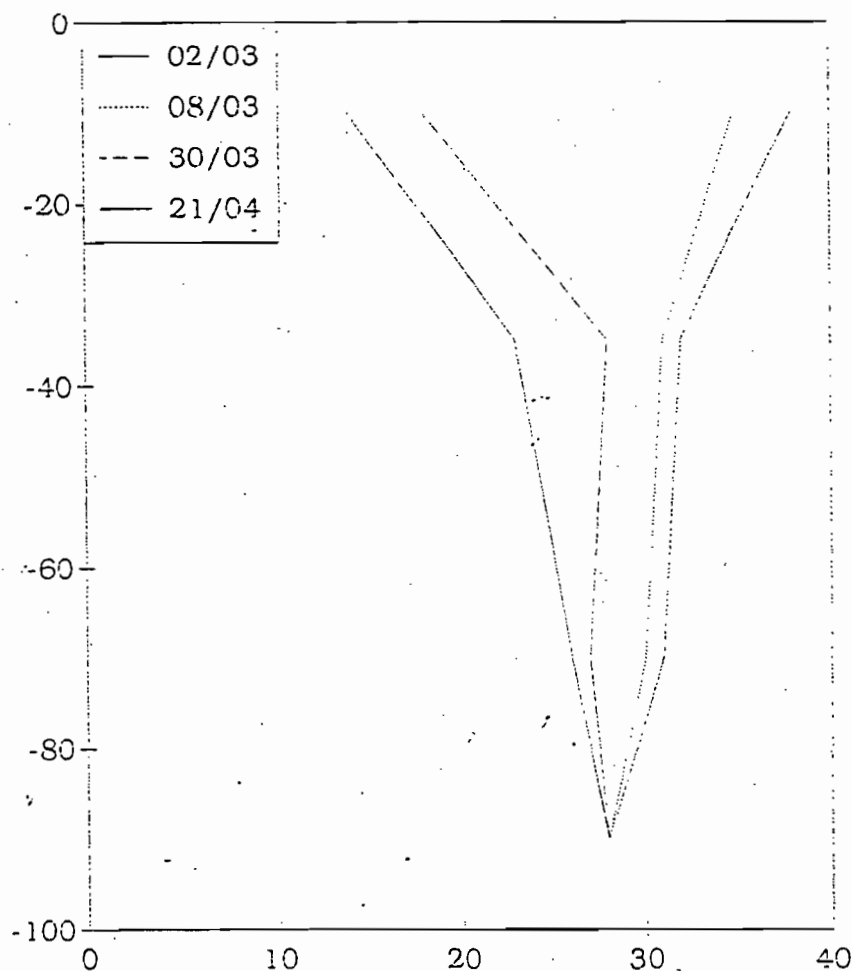


Figure 4 : Evolution du profil hydrique moyen sur la parcelle. En abscisses teneur en eau pondérale en %; en ordonnées, profondeur.

Lame d'eau stockée

Trois échelles de précision, relevées quotidiennement, permettent de connaître la hauteur de la lame d'eau sur la parcelle. Pour transformer ces valeurs en quantité d'eau stockée, il est nécessaire de tenir compte de la micro-topographie de la parcelle. Cette micro-topographie, et les volumes de remplissage correspondant aux cotes observées, ont été estimés par une campagne de mesures à l'aide d'un niveau, et un calcul par krigeage de façon à disposer d'estimations non biaisées.

La carte topographique de la parcelle est présentée en figure 5.

Bilan hydrique

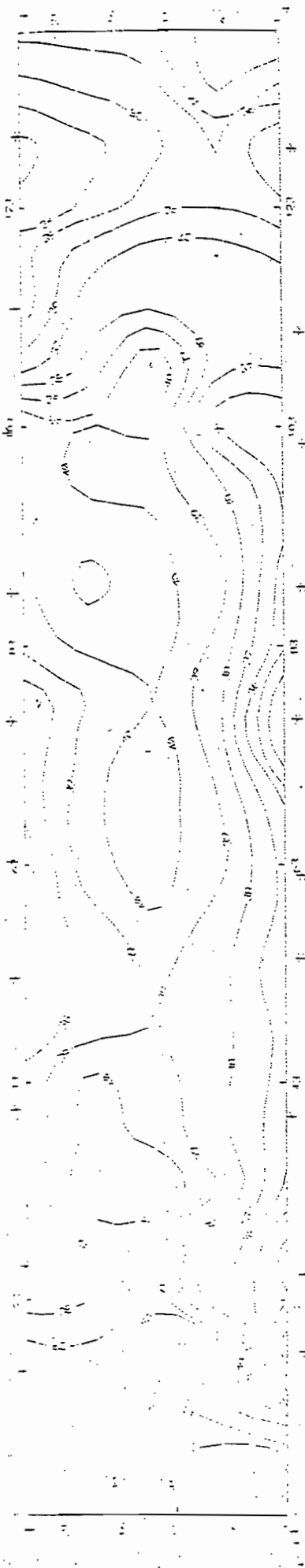
L'ensemble de ces mesures permettent d'établir le bilan hydrique de la parcelle sous culture. Ce bilan peut s'écrire à tout instant :

$$A = Ls + Ss + I + ETR$$

où A représente les apports d'eau (déterminés par mesure du débit des siphons), Ls la variation

Figure 5 : Carte topographique de la parcelle, isovaleurs en cm.

J11, Lape, 02/02/94



de la lame d'eau stockée sur la parcelle (déterminée par les échelles), Ss la variation de stock d'eau du sol, l'infiltration (nulle).

Nous avons donc tracé ces différentes quantités cumulées au cours du temps sur un même graphe, présenté en figure 6.

La courbe d'ETR est strictement parallèle aux apports, confirmant l'absence totale de pertes d'eau par infiltration et fuites.

La courbe "ETR et stock du sol" est également parallèle aux apports. La prise en compte du stockage d'eau dans le sol permet de se rapprocher de la courbe des apports. On note un léger excédent par rapport aux apports pour les premiers jours. Ceci correspond au fait que nous avons répercuté le stockage de l'eau dans le sol dès le premier jour, alors qu'il s'est fait progressivement, sur les quinze premiers jours probablement.

La courbe cumulant l'ensemble des facteurs se confond avec celle des apports, sauf :

- au début où elle accuse un léger excédent, qui correspond à la prise en compte dès le premier jour du stockage dans le sol;

- à partir du 135^{eme} jour, puis du 144^{eme}, ou des sauts se produisent au niveau des apports, non répercutés sur la courbe des pertes et stocks cumulés. Ceci correspond à deux apports d'eau très importants (136^{eme} et 144^{eme} jours), au cours desquels une cote maximale de la lame d'eau a été atteinte. D'après les quantités apportées, cette cote aurait due être plus importante : un débordement s'est certainement produit alors.

La parfaite superposition des courbes sur le reste du cycle confirme la qualité des données : tant au niveau des jaugeages des apports que de l'estimation des volumes stockés et perdus.

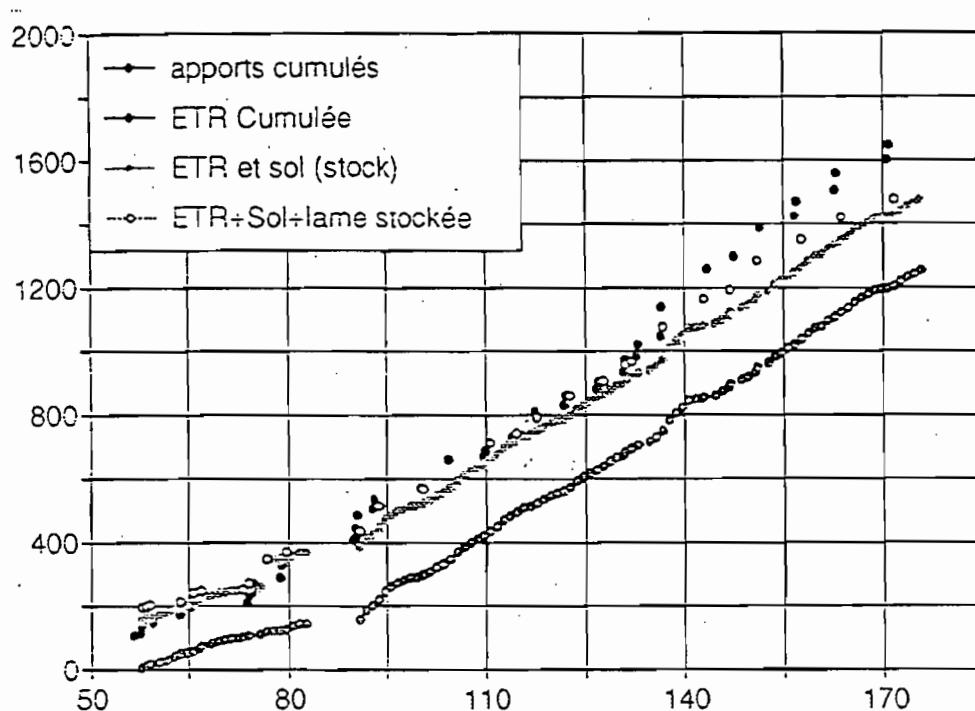


Figure 6 : Courbes cumulées des apports, et des pertes et stocks sur la parcelle, en mm.

Piézomètres

7 piézomètres ont été installés, depuis le canal d'amener d'eau jusqu'à l'extérieur de la parcelle, de façon à suivre les variations de la nappe qui se trouve à environ 150 cm de profondeur, dans le sable nouakchottien. Le suivi des cotes piézométriques, quasiment constantes au cours du temps, confirme la faiblesse des percolations depuis la surface du sols vers la nappe. Ces percolations existent néanmoins: Elles provoquent un transfert d'eau vers l'extérieur du périmètre. La qualité chimique des eaux de nappe s'en ressent également (ci-après).

Bilan hydrique : Conclusions

La consommation totale du riz de contre-saison est de 16000m³/ha.

La totalité de l'eau apportée se concentre sur place, dans les 80 premiers centimètres de sol, sans qu'aucune exportation de matière minérale puisse avoir lieu.

Les conditions d'une alcalinisation du sol sont donc en quelque sorte 'optimisées' dans ce type de configuration : or, ce type d'aménagement est répandu dans l'île à morfil, et près des trois quarts des périmètres villageois de la région sont situés sur des sols lourds ayant un fonctionnement hydrodynamique similaire.

Nous allons discuter, en seconde partie, des conséquences géochimiques de ce fonctionnement.

Deuxième partie : Bilan salin et évolution géochimique des sols.

Apports des eaux d'irrigation et conséquences chimiques prévisibles

La composition moyenne de l'eau d'irrigation est présentée en tableau ci-dessous:

Ec (mS)	pH	Na (meq/l)	Ca	Mg	K	cl	So4	Alc car (mmole/l)
0.07	6.9	0.2	0.35	0.26	0.07	0.25	0.05	0.55

L'alcalinité résiduelle calcite est de l'ordre de 0.23 mmole/l.

Des concentrations de cette eau en bac à évaporation donnent les résultats suivants, par ailleurs prévisibles à l'aide de modèles géochimiques :

- hausse du pH qui atteint des valeurs de l'ordre de 9 pour un facteur de concentration de l'ordre de 200;
- précipitation de calcite;
- augmentation du SAR de l'eau qui atteint des valeurs de 12 et plus pour un facteur de concentration de l'ordre de 200.

La précipitation de calcite, et donc l'accumulation résiduelle de carbonates et la chute du calcium en solution, commencent à partir d'un facteur de concentration égal à 8.

Au champ, le facteur de concentration des eaux est théoriquement infini en fin de saison, puisque la totalité de l'eau apportée s'évapore. Créé en 1983, le périmètre étudié est donc soumis à ce processus depuis dix ans.

Grâce au bilan hydrique, il est possible de calculer l'évolution du facteur de concentration des eaux en surface, au cours de la culture. Ce facteur de concentration est présenté en figure 7 :

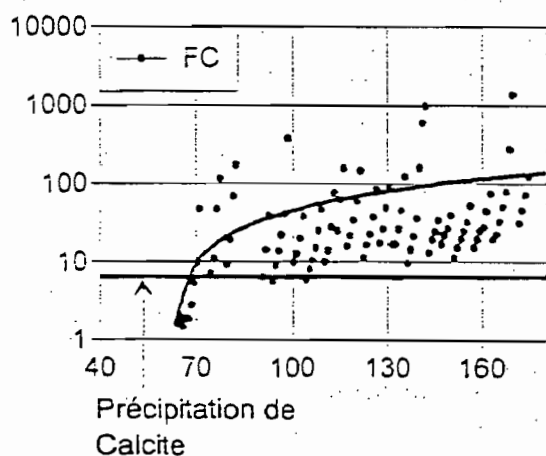


Figure 7 : Evolution du facteur de concentration des eaux de surface au cours de la culture (en abscisses : jour de l'année; en ordonnées : facteur de concentration).

Il est donc évident que de la calcite précipite en surface du sol au cours de la culture. Les carbonates étant excédentaires, en fin de cycle des carbonates de sodium et de magnésium doivent également précipiter. Plus solubles que la calcite, ils seront remis en solution lors de la remise en eau à la campagne de culture suivante ou après un "à sec". Ces carbonates en solution augmenteront le déséquilibre de l'eau d'apport, et abaisseront le taux de calcium en solution. Deux phénomènes sont donc prévisibles : (1) un blocage du calcium en solution puis du calcium du sol sous forme de calcite et (2) une sursaturation en carbonates de la surface du sol, et une élévation du pH.

La quantité totale de matière minérale apportée par l'irrigation, à l'hectare, au cours de la contre-saison est de 384 kg. Ceci correspond à un excédent d'alcalinité de 4000 équivalents/ha abandonnés à chaque culture dans les sols (soit 120 kg de CO_3^{--}). Nous rediscuterons ces résultats ci-après à l'aide des analyses chimiques des eaux et des sols.

Qualité des eaux au cours du temps : nappe phréatique et bougies poreuses.

Les piézomètres (nappe phréatique superficielle) ont été prélevés et analysés au cours du temps. L'eau du sol a également été prélevée, sur trois stations et à trois profondeurs, au moyen de bougies poreuses.

Les ions majeurs ont été analysés, ainsi que, dans certains cas, les phosphates et les différentes formes de l'azote. Ces dernières espèces sont négligeables dans le bilan ionique, et nous en ferons donc abstraction.

Deux modes de représentation des analyses chimiques permettent de présenter et de commenter l'évolution de la composition des eaux au cours du temps. Nous avons dans un premier temps placé les analyses d'eau sur un graphique en deux dimensions, en réalisant une Analyse en Composantes Principales (ACP) de façon à utiliser la présentation des deux premiers axes factoriels, pour les eaux des piézomètres d'une part (figure 8a et 8b) et pour les eaux des bougies poreuses d'autre part (figures 9a et 9b). Puis nous avons regroupé toutes les analyses sur des diagrammes triangulaires figurant les balances anioniques (figure 10) et cationiques (figure 11) des eaux.

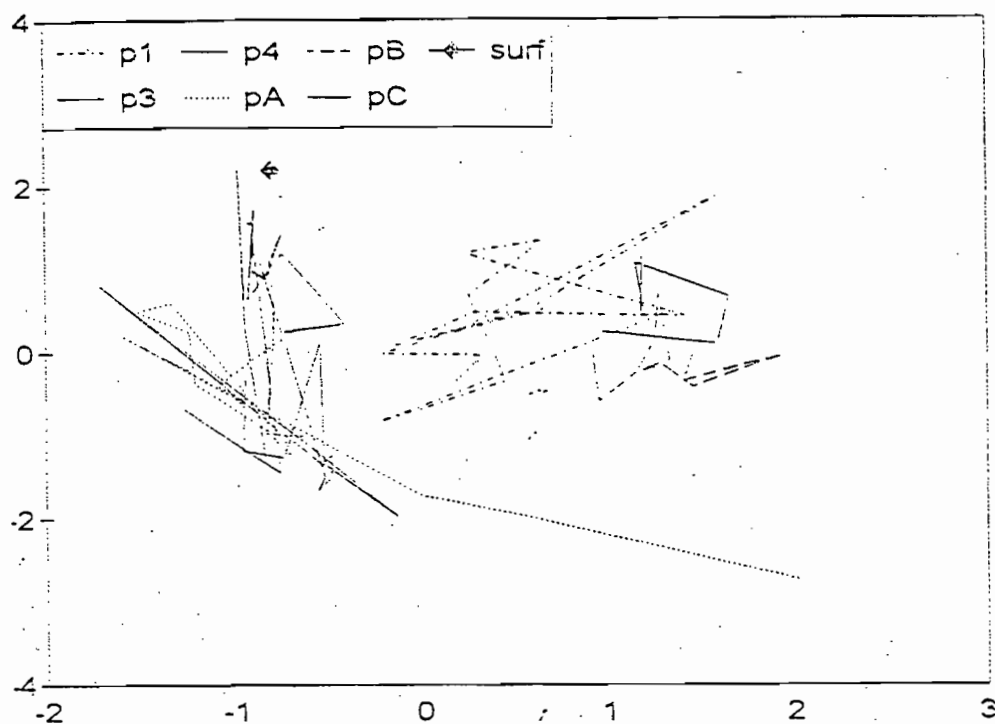


Figure 8a : Représentation des deux premiers axes factoriels de l'ACP réalisée sur la composition des eaux de nappe.

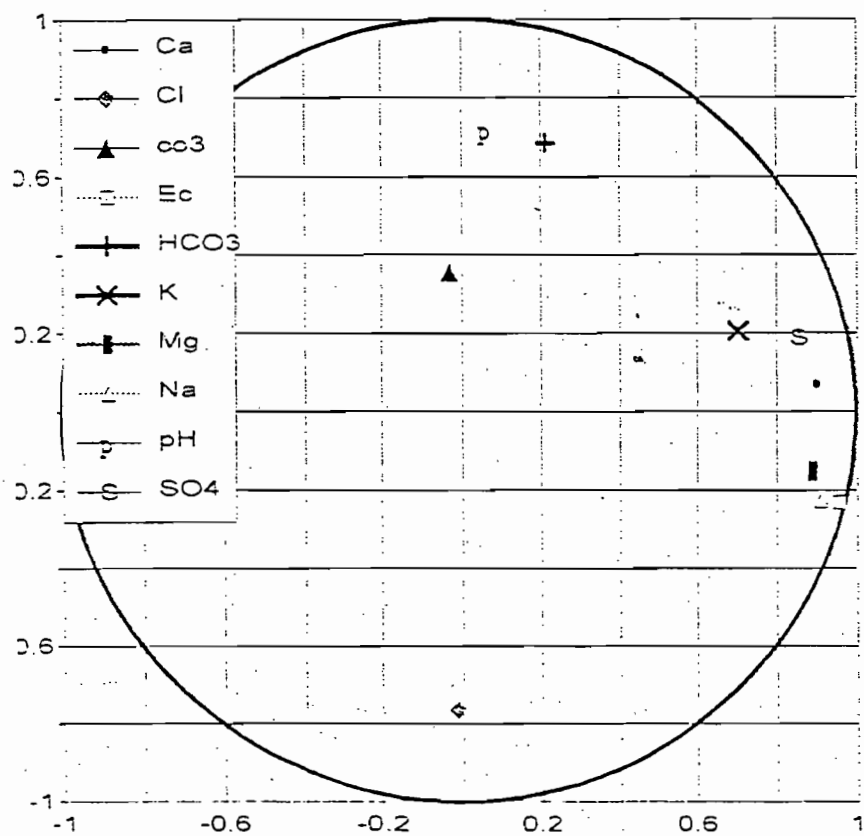


Figure 8b : Eau de nappe : composition des deux premiers axes factoriels de l'ACP : cercle des corrélations.

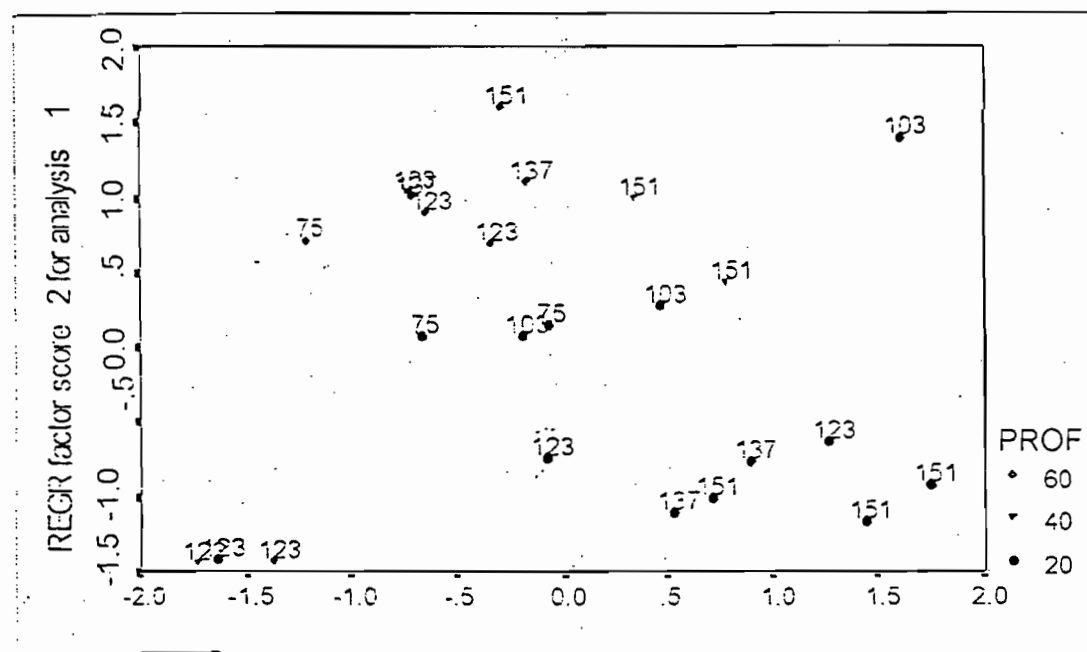


Figure 9a : Eau du sol : présentation des deux premiers axes factoriels de l'ACP des analyses chimiques. (Les numéros représentent le jour de l'année).

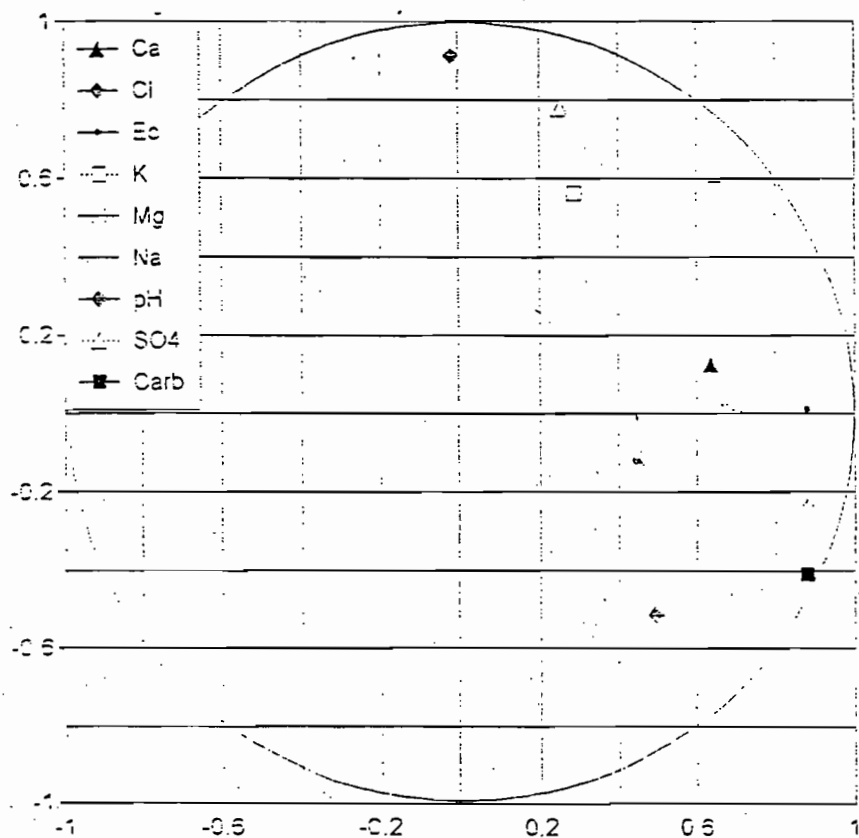


Figure 9b : Composition des deux premiers axes factoriels de l'ACP des analyses chimiques de l'eau du sol : cercle des corrélations.

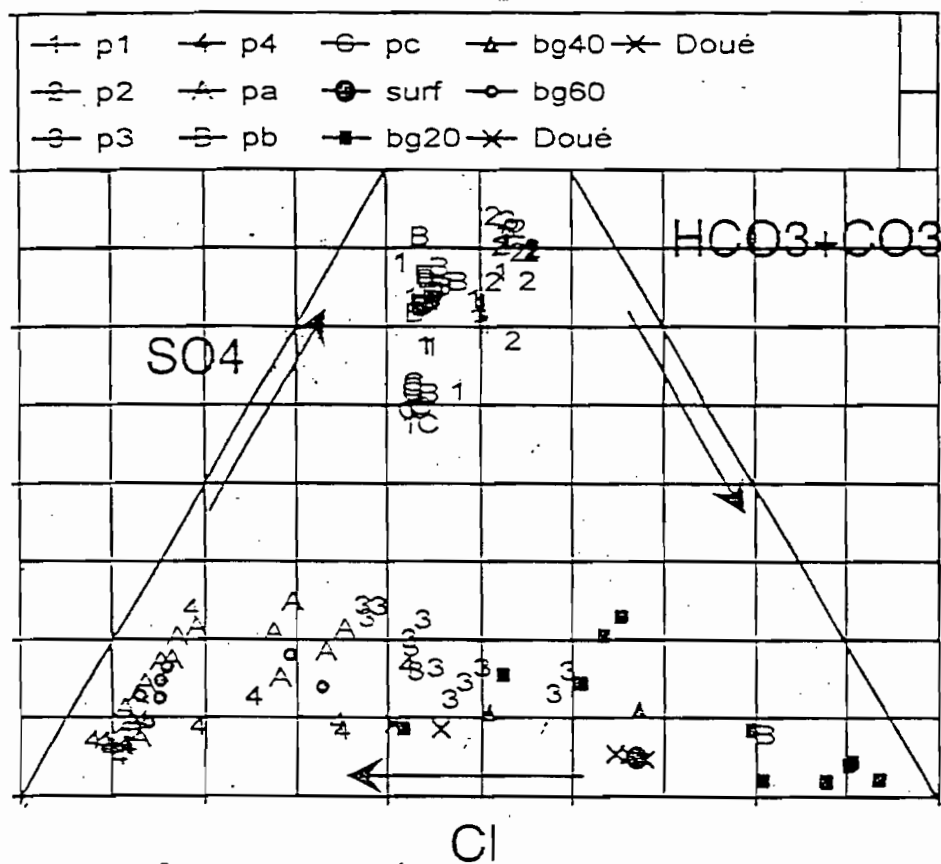


Figure 10 : Diagramme de la composition anionique des eaux de nappe et du sol.

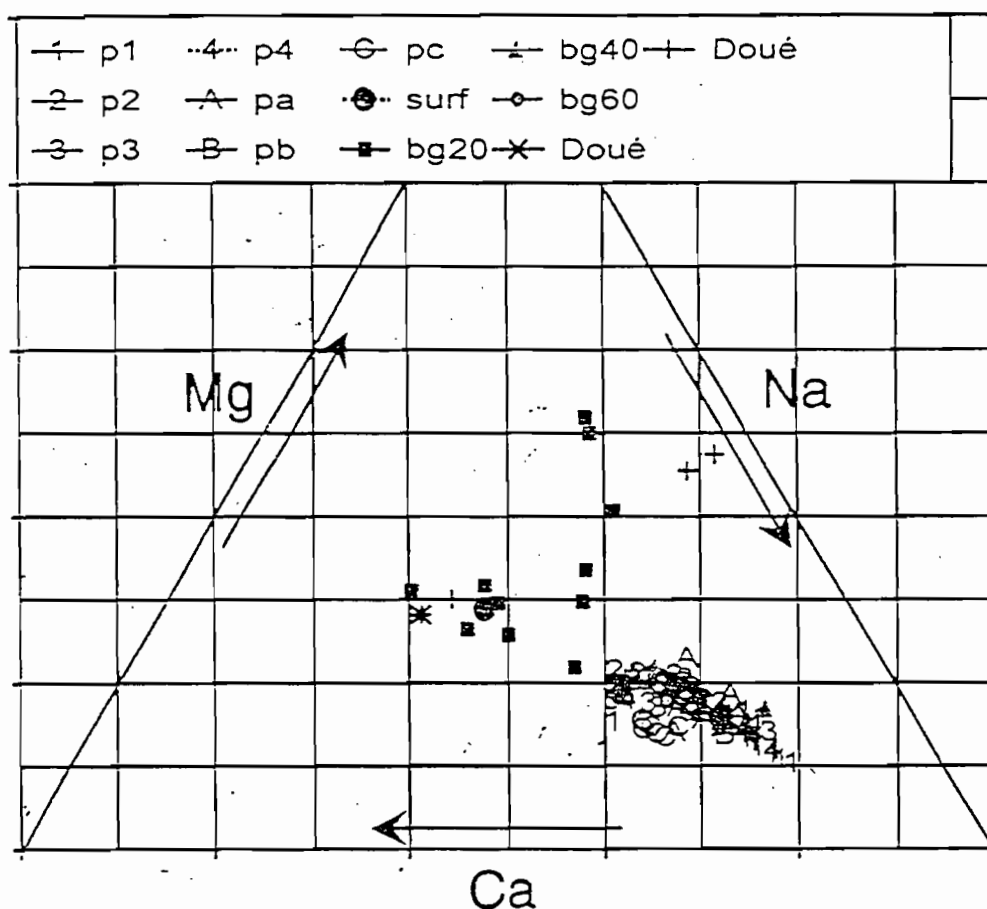


Figure 11 : Balance cationique des eaux de nappe et du sol.

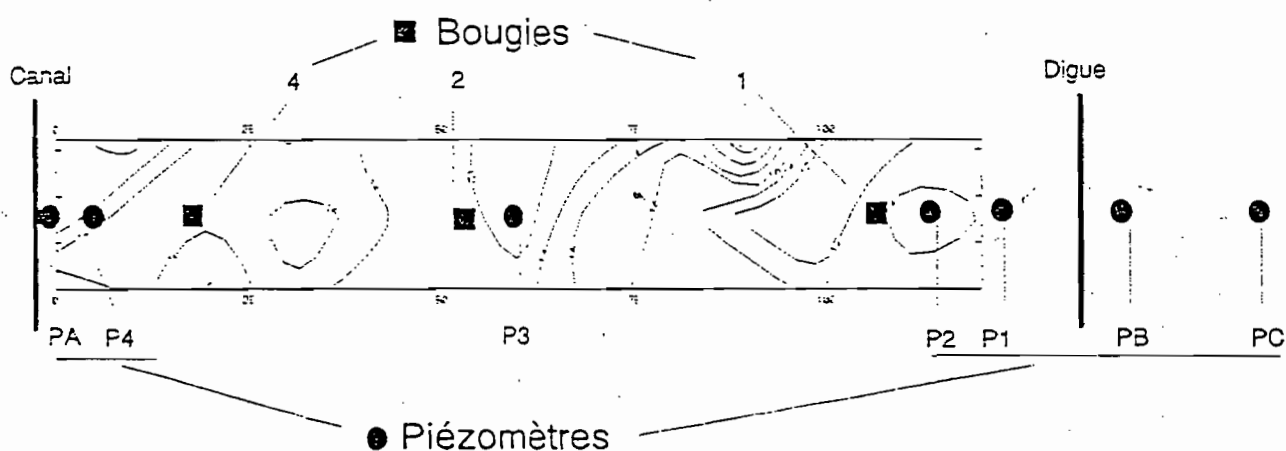


Figure 12 : Schéma d'implantation des stations de mesure.

Interprétations

Sur la figure 8a, le piézomètre 2 a été enlevé, ses eaux étant beaucoup plus salées que celle des

autres piézomètres. L'axe horizontal correspond à un axe dilution -concentration des eaux (eaux concentrées vers les fortes valeurs). L'axe vertical correspond à une variation du pH et de la teneur en carbonates des eaux (fortes valeurs de pH et de carbonates vers le haut). (cf. Figure 8b)

On distingue deux groupes de piézomètres sur la figure 8a : les piézomètres hors parcelle (et hors périmètre), et les piézomètres intra-parcelle.

Les piézomètres hors parcelle (1, B, C) forment un groupe compact et stable dans le temps. Seul le piézomètre 1, en limite extérieure de parcelle, a tendance parfois à se diluer, se rapprochant du groupe des piézomètres intra-parcelle.

Les piézomètres intra-parcelle forment un second groupe, d'eau plus diluée, et de composition plus variable dans le temps. Le piézomètre 3, en milieu de parcelle, se déplace sur une verticale en se rapprochant du losange qui figure l'eau de surface (en début d'irrigation) : son pH et sa teneur en carbonates ont tendance à s'élever. Ceci correspond probablement à un transfert d'eau depuis la surface. Les autres piézomètres (A et 4, en bordure de canal) suivent un cheminement en diagonale, attestant simultanément d'une dilution et d'un apport de carbonates.

L'eau du sol suit une évolution très simple, illustrée par les figures 9a et 9b : les eaux collectées à 20 et 40 cm de profondeur voient leur pH monter de la neutralité vers des valeurs de l'ordre de 8,5, et leur teneur en carbonates s'élever. Ceci est surtout évident pour les eaux collectées à 20 cm.

Les diagrammes d'équilibre (figures 10 et 11) apportent d'autres enseignements. Sur ces diagrammes, la composition de l'eau de surface (large rond) et celle de l'eau d'irrigation (Doué, une croix) ont été figurées. Les autres croix marquées 'Doué' figurent la composition de l'eau d'irrigation après concentration.

Le diagramme des anions détermine plusieurs groupes d'eaux :

- les piézomètres hors parcelle et le piézomètre 2 (en limite extérieure) forment un groupe très homogène dont les eaux sont sulfatées. Les sulfates sont associés essentiellement au sodium et au magnésium. De ce fait, le SAR de ces eaux est élevé (supérieur à 5). Ces eaux peuvent être considérées comme les eaux de nappes initiales :

- les piézomètres en bordure de canal correspondent à des eaux chlorurées et quelquefois carbonatées. Diluées, elles peuvent correspondre soit à une 'poche' de salinité chlorurée sodique se trouvant à ce niveau, soit à une évolution de la nappe sous irrigation (ci-après) :

- les eaux du sol décrivent un trajet depuis les eaux carbonatées vers les eaux chlorurées, de la surface vers la profondeur. Les eaux de l'horizon 0-20 cm se situent dans un domaine plus carbonaté que les eaux d'apport. Cette sursaturation atteste de la redissolution de carbonates accumulés au cours des cycles d'irrigation antérieurs. L'eau du Doué et l'eau de surface sont superposées. Puis, lorsque l'eau de surface se concentre, elle évolue (croix) vers le pôle chloruré sodique en raison de la précipitation des carbonates. On notera à nouveau la forte proximité entre les eaux du piézomètre 3 (milieu de parcelle) et celles de l'eau du sol à 60cm de profondeur.

Le diagramme des anions montre un regroupement de toutes les eaux vers des eaux sodico-magnésiennes. Seule l'eau d'apport et les eaux du sol à faible profondeur se distinguent par une teneur en calcium un peu plus élevée, et une teneur en sodium plus faible. Ceci correspond au mélange de l'eau d'apport (plus riche en calcium que l'eau de nappe) et de l'eau du sol. On note en revanche une évolution de l'eau du sol vers un pôle très pauvre en calcium (plus pauvre que l'eau de nappe) : ceci correspond aux eaux de l'horizon 0-20 cm en fin de campagne, qui précipitent de la calcite et de la magnétite. Les croix figurant la simulation de la concentration de l'eau d'apport se

déplacent dans le même sens.

Conclusions pour la chimie

Les analyses d'eau au cours du temps montrent :

- une **accumulation résiduelle de carbonates** dans les horizons supérieurs, entraînant l'apparition de pH alcalins (8.5) dans les 40 premiers centimètres de sol. Le SAR de l'eau du sol reste cependant à des valeurs proches de celles des eaux de nappe hors périmètre, valeurs qui sont déjà élevées. Il reste toutefois suffisamment de cations bivalents dans le sol (magnésium) pour qu'il n'y ait pas encore d'alcalisation ;
- une contamination des nappes par les eaux carbonatées-chlorurées -sodiques, s'accompagnant d'une dilution des eaux ;
- une chute des teneurs en calcium des horizons superficiels du sol.

Le processus d'alcalinisation est donc déjà avancé et nettement perceptible. L'alcalisation (sodisation) qui en résultera est encore modérée.

Conclusion générale

Les bilans hydriques et salins aboutissent à des conclusions parfaitement cohérentes, qui peuvent se résumer comme suit :

- l'eau s'accumule et se concentre dans le premier mètre de sol, essentiellement dans les 40 premiers centimètres. A ce niveau, les conséquences de l'accumulation résiduelle de carbonates (ALCALINISATION) sont nettes. Elles correspondent à un premier stade de dégradation déjà dommageable pour les cultures (ci-après). Le stade ultime (sodisation poussée et pH très alcalins) sera atteint dans des délais que nous estimerons dans le rapport final, au vu des conclusions de la campagne d'hivernage.

- une contamination des nappes se produit également, mais en raison des faibles transferts verticaux autorisés par ce type de sol, seule la nappe intra-périmètre voit sa composition évoluer pour l'instant. Ce n'est pas le cas des nappes sous sols de levées.

A ce stade, les conséquences agronomiques peuvent déjà être évaluées, en particulier au niveau d'une volatilisation des engrais azotés. Les prochaines campagnes viendront compléter le rapport agronomique déjà remis pour quantifier cet impact.

Au plan hydro-chimique, les questions posées sont maintenant les suivantes :

- quels sont les déterminants d'un retour du pH à la neutralité en inter-culture (il s'agit probablement de phénomènes d'oxydation, à vérifier) :
- dans combien de temps le complexe d'échange des sols sera-t-il irrémédiablement atteint ?
- quelles sont les modalités de ce processus en fonction :
- du type de sol (celui-ci est le plus 'résistant' mais le moins filtrant) ;
- du mode de gestion de l'eau (drains de colature, ou tout simplement mauvais contrôle de l'eau et donc pertes...) ;
- quelles mesures permettraient, à l'échelle de la parcelle, d'évacuer les carbonates accumulés en surface au cours d'une saison (travail du sol en eau et évacuation de cet eau contenant les carbonates dissous ? Cultures intercalées de fourrages ? ...).

Nous pouvons donc d'ores et déjà proposer une orientation des travaux dans ce sens.

République du Sénégal

Ministère de l'Agriculture

Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation
des terres du Delta du fleuve Sénégal et des vallées
du fleuve Sénégal et de la Falémé

S.A.E.D.

Opération Recherche - Développement 1995

Financement : 6ème Fonds Européen de Développement

Objet : Opération de Recherche Développement pour l'amélioration de la
production rizicole et la préservation de la ressource en sols.

Rapport : Volet 1.a : Etat de dégradation des sols irrigués au niveau du
département de Podor.

Avril 1995



L'Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération

Opération de Recherche Développement pour l'Amélioration de la production rizicole et la préservation de la ressource en sols

Volet 1 : Impact de l'irrigation sur l'évolution des sols et des nappes

Action 1.a : Etat de dégradation des sols irrigués au niveau du département

P. Boivin et S. Schiess, ORSTOM Dakar

Résumé

L'accumulation de carbonates dans les sols des périmètres irrigués est un indicateur du régime hydrique imposé par la culture. Si le bilan est essentiellement évaporatoire (pas de lessivage), les carbonates apportés par l'irrigation précipitent, et le mécanisme de dégradation des sols par alcalinisation est amorcé. Après avoir testé un protocole simple de quantification des carbonates présents dans les sols, on a appliqué ce protocole aux sols de la région de Podor. Une comparaison systématique sols irrigués / sols non irrigués montre une accumulation importante de carbonates dans tous les périmètres. Cet effet est modulé par la présence de drains (Nianga), la qualité de l'aménagement, le type de sol et l'ancienneté de mise en culture. Néanmoins, tous les sols de la région se dégradent. Dans certains cas, le capital de résistance des sols semble consommé, ce qui suggère que la dégradation va s'accélérer.

Introduction

Il a été montré précédemment que le régime hydrique dans les périmètres soumis à l'irrigation conduit essentiellement à une évaporation sur place des eaux d'apport. En raison de la qualité des eaux du fleuve Sénégal, ce régime hydrique provoque la précipitation de carbonates et l'alcalinisation des sols. Le pH des sols, initialement acide, a tendance à s'élever. Un suivi en cours de culture, sur des parcelles test, a montré que le pH devient franchement alcalin (valeurs supérieures à 8) en fin de culture, tandis que la salinité dominante est alors carbonatée sodique (Boivin et Poussin, 1995). Ce résultat signifie notamment que pour les sites suivis, le capital de résistance des sols est presque intégralement consommé, et que la dégradation progressera très rapidement dans les années à venir, en atteignant des stades phytotoxiques.

Il est donc apparu nécessaire de vérifier à l'échelle de la région de Nianga Podor :

- si ce résultat était généralisable;
- si des modalités étaient observables en fonction du type d'aménagement (présence de drains ou non), du type de sol et de l'ancienneté de mise en culture;
- si un indicateur simple et peu coûteux de l'état de dégradation des sols pouvait être défini.

Méthodologie

La concentration des eaux sur place (faute d'un lessivage des sols) provoque l'alcalinisation des sols. Ce phénomène est lié à la précipitation des carbonates (sous forme de carbonates de calcium) apportés par l'eau d'irrigation. Il a donc été envisagé de définir un protocole simple de quantification des carbonates précipités dans le sol des périmètres irrigués. La teneur en carbonates de ces sols a été comparée d'une part à la teneur moyenne en carbonates de sols non irrigués de la région de Nianga, d'autre part à la teneur en carbonates des sols non aménagés entourant chaque périmètre. En faisant l'hypothèse que ces derniers représentent l'état du sol avant culture, on se propose de vérifier si les carbonates se sont accumulés ou non dans les sols.

On a par ailleurs effectué une mesure du pH des sols in situ et au laboratoire (sur extrait de sol), et comparé ce pH à celui des sols nus. Les mesures ont été effectuées à la mise à sec des parcelles. Pour des raisons de cohérence, on s'est limité aux sols de rizières. Seule la qualité des 20 premiers centimètres de sol a été examinée. Ce choix est justifié par le fait qu'au cours des suivis, on a montré une évolution préférentielle de la surface des sols. La validité de ce choix sera discutée en fin de rapport.

Dans un premier temps, on a cherché à définir un protocole permettant de quantifier simplement les carbonates présents dans le sol. Pour cela, on a cherché le taux de dilution de l'extrait de sol permettant de dissoudre a priori tous les carbonates présents. Puis on a titré les extraits aqueux avec un acide fort. Dans un second temps, on a échantillonné 27 périmètres de la région, pour un total de 225 échantillons analysés, le nombre d'échantillons pris hors périmètres étant à peu près égal au nombre d'échantillons collectés dans les périmètres. Enfin, des sols nus de la zone endiguée de Nianga ont été analysés de façon complète (extrait aqueux), afin de vérifier certaines hypothèses.

Dans la suite de ce rapport, on présente successivement les résultats obtenus, puis une discussion de leur signification. Enfin, les conclusions de ce travail en sont tirées.

Résultats

Méthode de dosage des carbonates.

Les carbonates précipités dans les sols sont généralement des carbonates de calcium, très peu solubles. En raison de la simplicité de la réalisation d'un extrait aqueux, et du faible coût de sa titration, on a néanmoins testé la possibilité de dissoudre par extrait aqueux tous les carbonates présents dans les échantillons de sol, avant de les doser par titration. La dose de dilution (gramme d'eau par gramme de sol) doit être suffisante pour dissoudre tous les carbonates présents, mais non excessive pour ne pas donner des concentrations trop faibles, ce qui entraînerait une imprécision du dosage par titration.

On a retenu comme sol test l'horizon de surface du sol du périmètre IT1 de Donaye, dont il avait été montré antérieurement que l'état d'alcalinisation était avancé. On a donc fait l'hypothèse que ce sol était l'un des plus riches en carbonates de la région (hypothèse qui s'est avérée exacte). On a dosé les carbonates dissous dans des extraits de rapport sol/solution variables. Si tous les carbonates ne sont pas dissous, la teneur en carbonates de l'extrait de sol reste constante lorsque le taux de dilution augmente. On a donc recherché le taux de dilution à partir duquel la teneur en carbonates de l'extrait chute de manière significative. Ceci se produit à partir d'un rapport sol / solution de 1/20. Pour plus de sécurité, on a retenu le taux de dilution de 1/50 (Figure 1). A cette occasion, le temps d'agitation de l'extrait a été également testé, en raison de la relative lenteur de la mise en solution de la calcite. Un temps d'agitation de 2 heures a été retenu.

Dilution	meq/l
1/5	.13
1/10	.13
1/20	.07
1/50	.07
1/100	.05
1/200	.05
1/300	.04
1/400	.03
1/500	.04
1/1000	.02

Tableau 1 : Teneurs en carbonates mesurées (en meq/l), en fonction du taux de dilution, sol de Donaye IT1

On a ensuite vérifié, par analyse complète de l'extrait aqueux d'échantillons de sols de la région de Nianga, que tous les sels solubles étaient bien dissous dans un extrait 1/50. Pour ce faire, on a utilisé le modèle d'équilibre géochimique Soprex (ORSTOM). On vérifié ainsi que les extraits obtenus sont bien sous-saturés vis à vis notamment de la calcite et du gypse.

Dans la suite de ce rapport, le protocole de dosage des carbonates appliqué a donc été : séchage du sol, broyage et tamisage à 2 mm. Agitation dans l'eau pendant deux heures, pour un ratio masse de sol/masse d'eau de 1/50. Titration par un acide fort de l'extrait aqueux à l'aide d'un potentiographe.

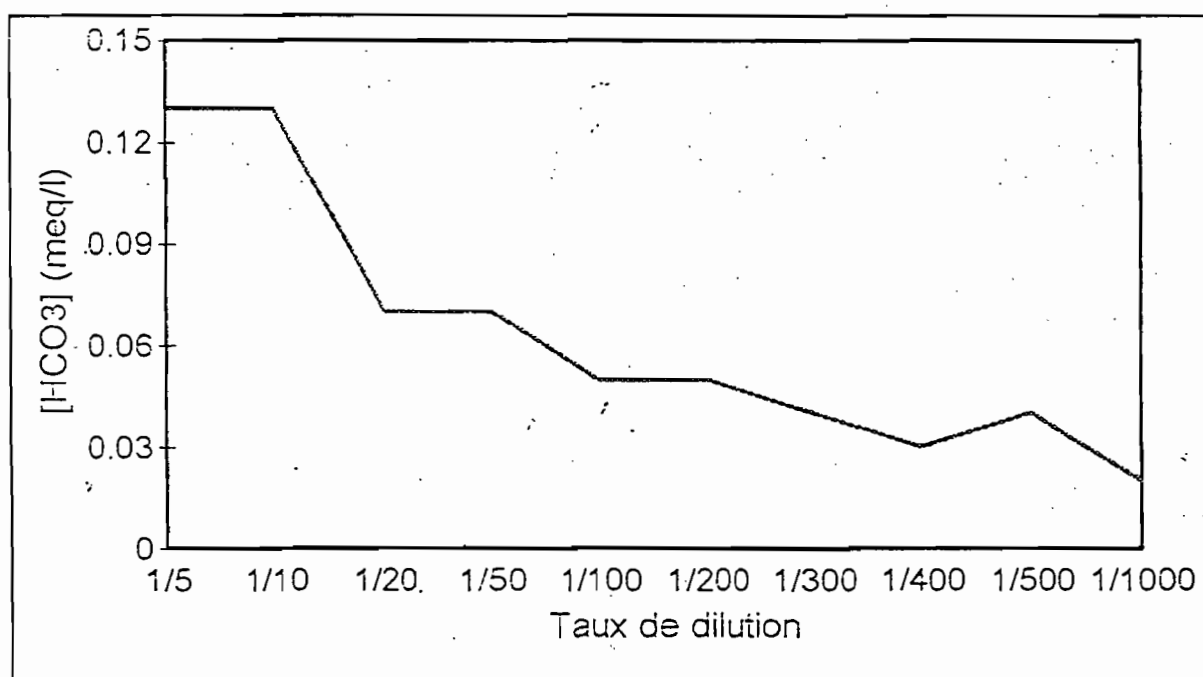


Figure 1 : Evolution du taux de carbonates mesuré (en meq/l) en fonction du taux de dilution. Sol de Donaye IT1.

Application aux périmètres de la région de Podor

La liste des périmètres échantillonnés figure en annexe 1

La figure 2 présente la quantité de carbonates trouvés dans les périmètres et hors des périmètres, tous types confondus. La figure 3 présente l'évolution du pH des sols cultivés.

La figure 4 présente le taux de carbonates trouvé dans les périmètres en fonction du type d'aménagement. La figure 5 reprend les mêmes données, mais le taux de carbonates est divisé par le nombre de cycles rizicoles ayant été pratiqués.

La figure 6 présente la quantité de carbonates accumulés dans les sols irrigués en fonction du type de sol.

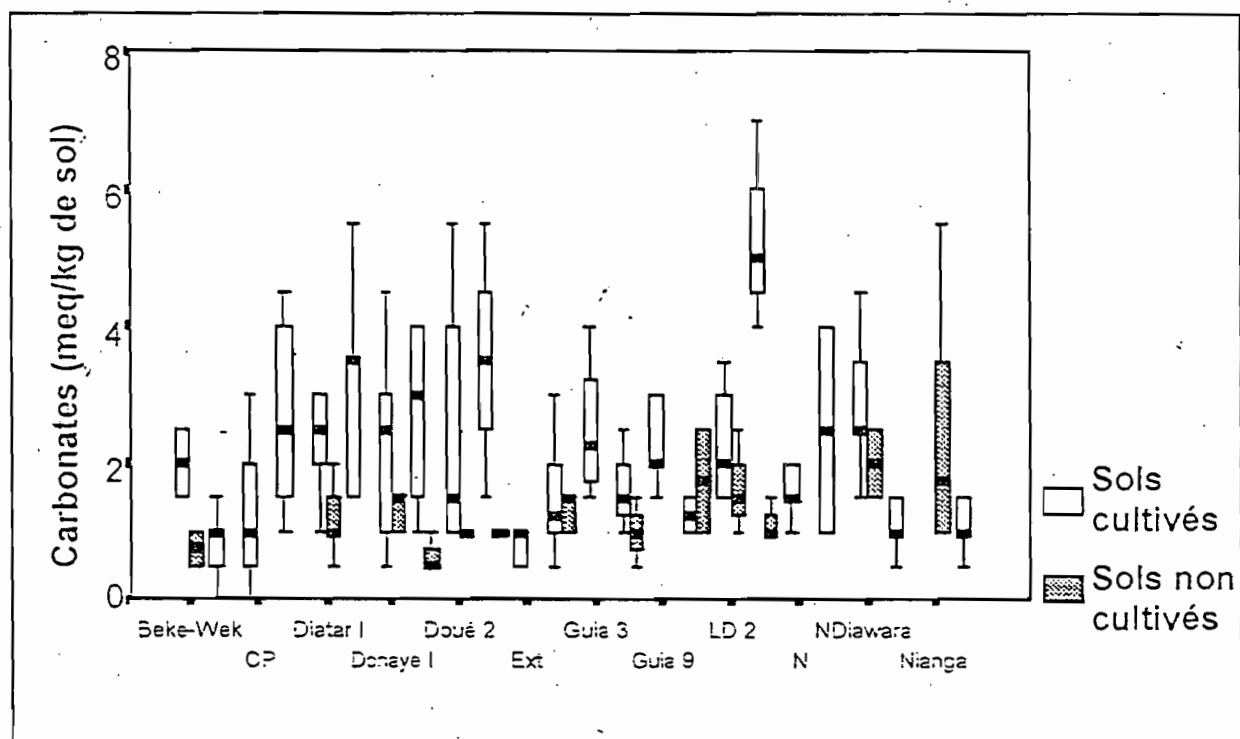


Figure 2 : Quantité de carbonates (meq/kg de sol) présents dans les sols des périmètres de la région de Podor. Comparaison sols nus / sols cultivés.

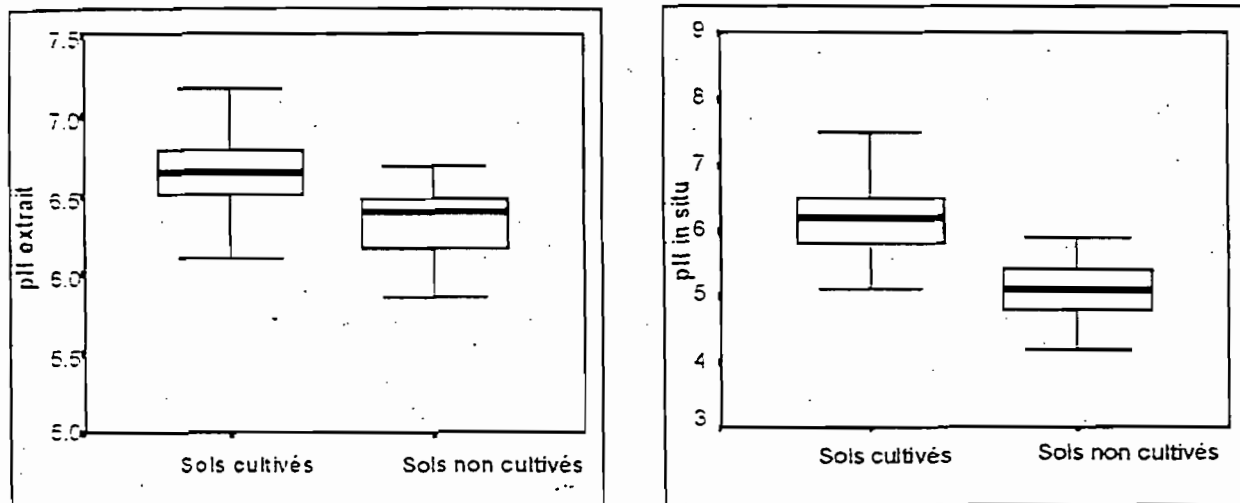


Figure 3 : Evolution du pH des sols cultivés par irrigation.

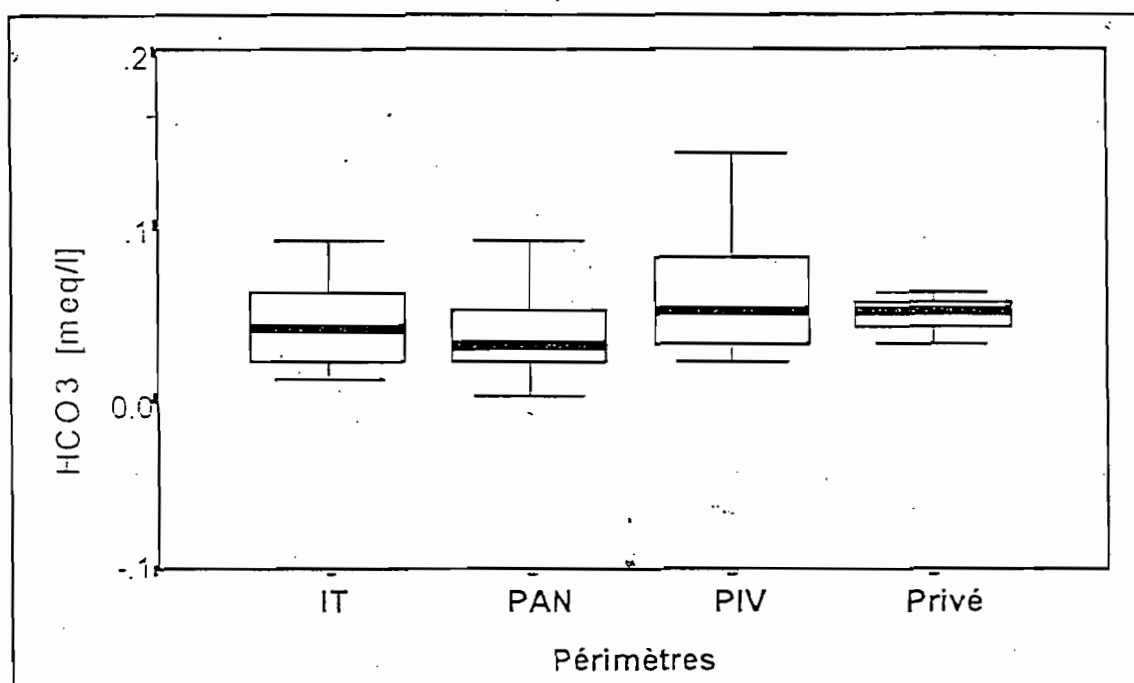


Figure 4 : teneur en carbonates de l'extrait de sol (1/50) en meq/l. en fonction du type de périmètre.

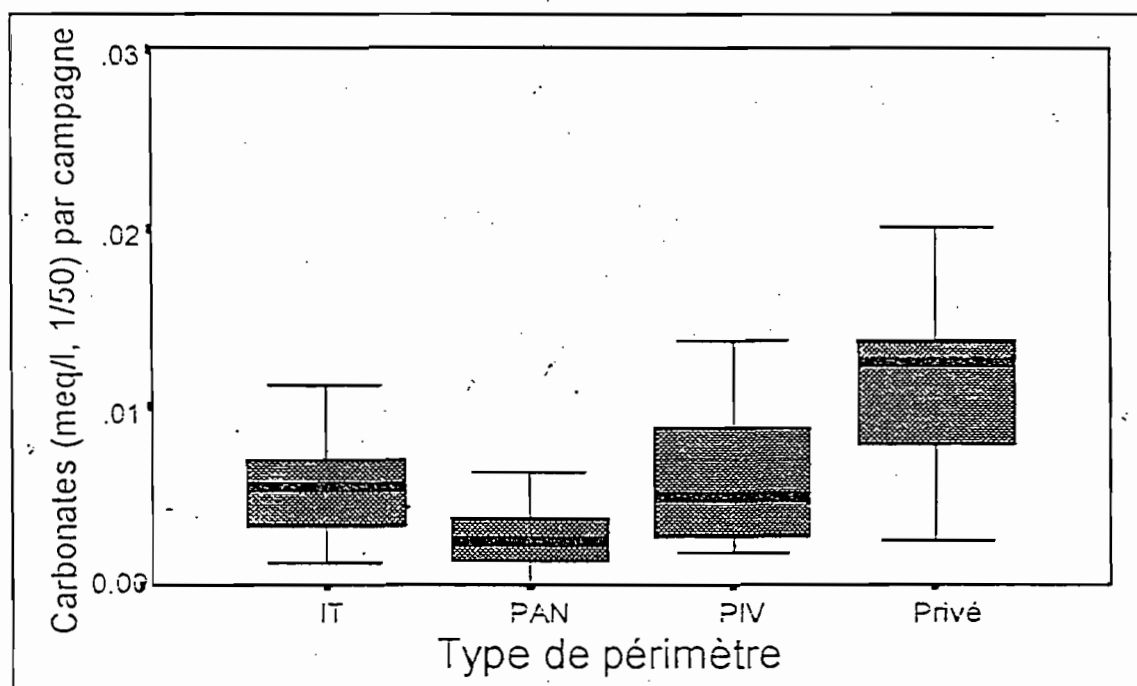


Figure 5 : Quantité de carbonates accumulés en surface du sol, en fonction du type de périmètre et du nombre de campagne rizicole. Les types de périmètres se distinguent plus nettement qu'en figure 4.

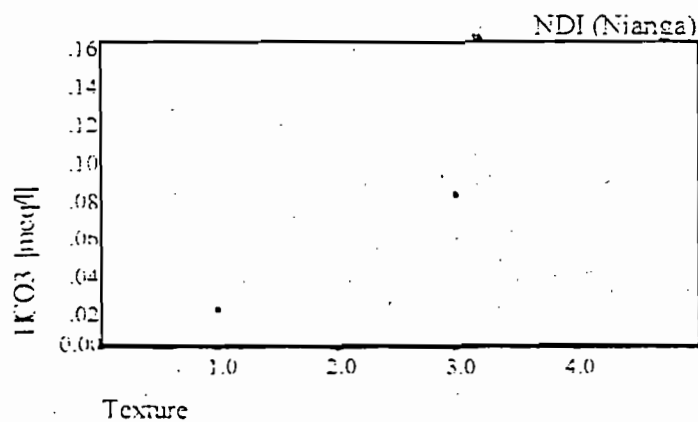
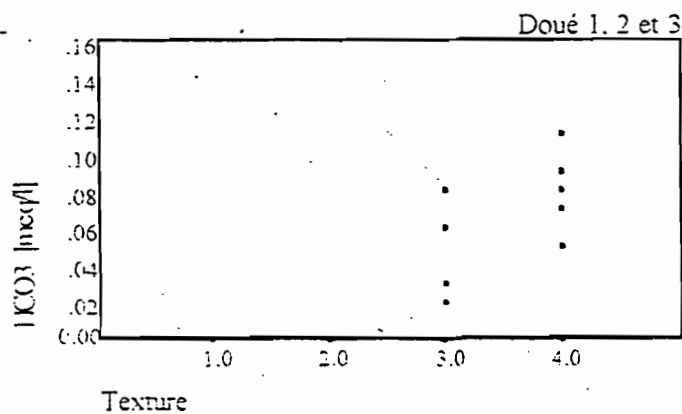
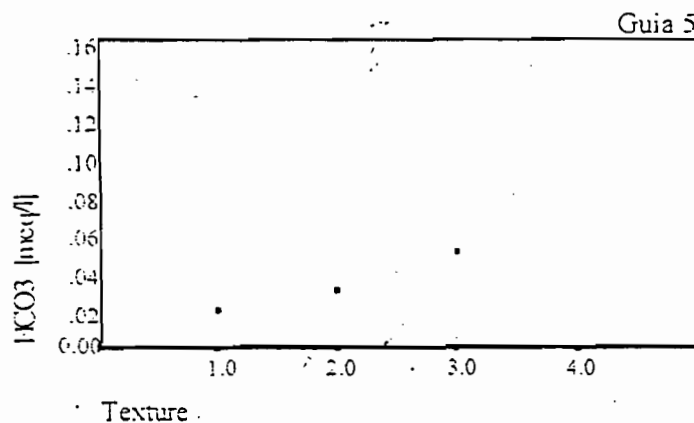
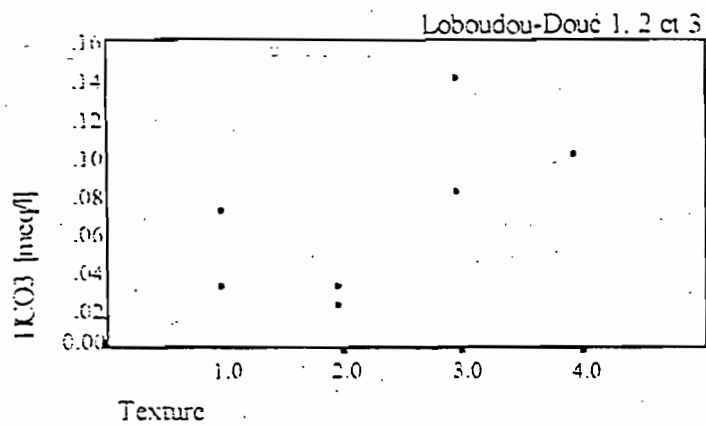


Fig 6 : Teneur en carbonates des sols, en fonction de la texture, pour quelques périmètres. Sur l'échelle de la texture, la catégorie 1 représente les sols les moins argileux (en moyenne 30% d'argile). La catégorie 4 représente les sols les plus argileux (en moyenne 70% d'argile).

Discussion

L'accumulation de carbonates dans les sols irrigués est évidente (figure 2). Les périmètres qui paraissent faire exception sont certains casiers du périmètre Autonome de Nianga (parties récentes), et le périmètre sur sol de fondé léger de Léboundou Doué. Rappelons toutefois que seule la surface du sol a été échantillonnée dans ce cas, et qu'il n'est pas exclu pour ces sols plus filtrants que la dégradation ait commencé en profondeur.

Cette accumulation de carbonates résulte d'un régime hydrique où le lessivage est faible à inexistant. L'accumulation de carbonates se fait par précipitation de calcite, ce qui bloque le calcium des sols sous une forme peu soluble. La teneur en carbonates n'est donc pas un indicateur exact de l'état de dégradation des sols, qui dépend également de la quantité de calcium susceptible d'être fournie par les sols. Elle indique également que la dégradation des sols par alcalinisation est en cours dans tous les périmètres. Il est à noter qu'une bonne partie du Périmètre Autonome de Nianga (PAN) n'échappe pas à cette règle. Ceci avait été annoncé par Boivin (1993), car Salvignol (1993) avait mis en évidence une remontée de la nappe empêchant tout fonctionnement des drains. A l'occasion de cette prospection, des sols extrêmement dégradés ont d'ailleurs été trouvés dans le PAN. En effet, en surface et localement, des carbonates de magnésium et de sodium précipitent, et des pH de 9 sont atteints in situ. La présence de carbonates autres que calciques indique que le stock de calcium du sol a bien été consommé.

Une augmentation du pH du sol d'environ 1 unité est également mise en évidence (figure 3). Dans une partie des cas, le seuil de la neutralité est franchi. Cette hausse du pH illustre directement l'alcalinisation des sols.

Le type de périmètre a de toute évidence une influence sur la dynamique de la dégradation, comme l'illustre la figure 4. Le PAN et les périmètres de type IT semblent relativement moins touchés que les PIV et les périmètres privés. Ceci est plus net sur la figure 5, où on a représenté la quantité de carbonates accumulés par campagne de culture. Grâce à ses drains, et bien que certains secteurs soient très dégradés, le PAN est nettement moins touché que les autres périmètres. Les PIV et périmètres privés semblent accumuler nettement plus de carbonates, avec toutefois une très forte hétérogénéité, qui reflète l'hétérogénéité de constitution et de gestion de ces aménagements. Enfin, l'effet du type de sol, classé selon quatre catégories de perméabilité, est clairement illustré par la figure 6 : plus un sol est perméable, moins les carbonates se sont accumulés en surface (ce qui ne présage en rien de ce qui a pu se produire plus en profondeur). Ces résultats sont cohérents, ils montrent que plus les conditions d'une évaporation des eaux sur place sont réunies, ou plus l'irrigation est ancienne, plus l'alcalinisation s'est développée.

La quantité de carbonates accumulés en surface des sols ne représente qu'une fraction des carbonates apportés par l'eau d'irrigation (au maximum 60 %). Dans le cas du périmètre de Donaye IT1, étudié plus en détail, les 20 premiers centimètres de sol ne contiennent que 20% des carbonates accumulés sur l'ensemble du profil, de 0 à 1m de profondeur. Ce profil correspond à 75% des carbonates apportés par l'eau d'irrigation au cours des 10 années de culture.

Conclusion

Ces résultats confirment le diagnostic pessimiste que nous avons émis à partir d'études ponctuelles réalisées au cours du précédent contrat. La dégradation des sols par alcalinisation est en cours dans tous les périmètres. Elle atteint en de nombreux sites un seuil critique au delà duquel, le capital de résistance des sols ayant été consommé, la dégradation va s'accélérer et atteindre des seuils phytotoxiques. La méthode que nous avons mis au point (dosage des carbonates sur extrait 1/50 par titration, comparaison sols cultivés / sols non cultivés) permet de dresser rapidement un état des lieux et montre une influence du type d'aménagement, du type de sol et du nombre de cycles de riziculture.

Il nous semble souhaitable de s'orienter vers les recherches suivantes :

- comparer la dégradation constatée sous riziculture à celle constatée sous polyculture (tomates, oignons), par l'application d'une méthode identique;
- évaluer le stock de calcium encore disponible dans les sols, pour en tirer une première estimation du temps de culture encore envisageable avant que les formes de dégradation les plus poussées - déjà identifiables ponctuellement - ne se généralisent;
- en cas de faibles stocks de calcium (cas par exemple de la maille Guia 9 du PAN), identifier les formes de carbonates solubles présentes;
- tester des outils de simulation du fonctionnement hydro-salin des sols. Proposer un (des) modèle(s) de fonctionnement hydro-salin permettant de projeter dans l'avenir l'impact environnemental d'une culture irriguée en fonction des apports d'eau, du type de sol et de l'aménagement;
- tester des méthodes de diversification des cultures permettant d'une part de limiter la remontée des nappes, d'autre part de maintenir une bonne perméabilité des sols;
- tester les modes d'interaction travail du sol / gestion de l'eau permettant de limiter la dégradation, sans modification profonde du système de culture.

Annexe : Liste des périmètres échantillonnés

Périmètre	Date de création	Type
Beke-Weke	1990	Privé
Betowe Ndiaye	1991	Privé
Casier Pilote	1975	PAN
CNRF	1974	PAN
Dekolé 1	1984	PAN
Diatar It1	1987	IT
Diatar It2	1987	IT
Donaye 1	1979	PIV
Donaye It1	1986	IT
Donaye It2	1987	IT
Doué 1	1986	PIV
Doué 2	1986	PIV
Doué 3	1987	PIV
Ext	1989	PAN
Guede It1	1989	IT
Guede It2	1989	IT
Guia 3	1984	PAN
Guia 5	1985	PIV
Guia 9	1984	PAN
Léboudou Doué 1	1984	PIV
Léboudou Doué 2	1984	PIV
Léboudou Doué 3	1984	PIV
NDI	1975	PAN
NDiawara	1993	Privé
Niandane	1974	PAN
PEN	1989	PAN
PEN	1989	PAN

PhLD
02/95

Dynamique des systèmes de connaissances, appropriation de l'information technique, et changement des pratiques culturelles en milieu paysan haalpulaar

Projet de recherches

Le problème de la mise à disposition des résultats de recherche

En Afrique, les démarches classiques de vulgarisation ont montré leurs limites. Fondées sur une "rationalité technique", les recommandations techniques sont souvent en décalage avec la "rationalité paysanne". Depuis 15 ans, les études de systèmes de production ont permis de comprendre les logiques techniques et économiques paysannes. Elles ont montré que les paysans innovent en permanence, font évoluer leurs pratiques et leurs systèmes de production, s'adaptent aux changements de leur environnement naturel et économique. Elles ont permis de mieux comprendre les raisons des mécanismes de rejet, adoption sélective, détournement des propositions techniques, qui sont aujourd'hui reconnus comme étant inhérents aux processus d'innovation.

Divers travaux montrent en effet que les thèmes techniques proposés par l'encadrement sont souvent¹ en déphasage par rapport aux dynamiques agraires, que les évolutions des pratiques paysannes restent souvent inaperçues par les techniciens, que la circulation de l'information technique passe plus par les réseaux relationnels informels que par les groupes constitués par les structures de développement (Floquet, 1994).

Il n'en demeure pas moins que des problèmes agronomiques complexes se posent - en particulier en irrigation - face auxquels les capacités paysannes d'innovation restent limitées, et qu'une recherche agronomique ciblée sur les problèmes concrets reste une nécessité.

Dès lors que le caractère dynamique des agricultures paysannes est reconnu, la question de la vulgarisation agricole change complètement : l'enjeu est de proposer des techniques nouvelles, adaptées aux conditions socio-économiques des agriculteurs, d'élargir la gamme de techniques à la disposition des producteurs pour augmenter leur marge de manœuvre, leur capacité de choix et de réponse aux changements de leur environnement.

Tout un courant de recherche agronomique s'est développé sur cette base, qui prend en compte les contraintes économiques des producteurs. Contrairement à l'idée classique, les récentes synthèses sur le développement agricole au Sahel (Bosc et Yung dir. 1992) ont montré qu'il existe une gamme de techniques qui peuvent répondre aux enjeux des agricultures sahéliennes, et que les blocages se situent d'une part au niveau de l'environnement économique et institutionnel, d'autre part dans le fait que ces résultats de recherche ne sont pas accessibles aux producteurs.

¹ Mais pas toujours : témoins les recommandations sur le riz, dans les premières années de développement de l'irrigation; ou les étables fumières, qu'on voit se diffuser en zones cotonnières soudanaises.

Dans ce contexte, les deux questions cruciales sont d'une part la capacité de la recherche thématique à prendre en compte les logiques économiques et les contraintes des producteurs dans la définition de ses programmes, et d'autre part, la mise à disposition des résultats de recherche. Les limites des systèmes classiques d'encadrement font que les encadreurs de base n'ont ni la compétence, ni le temps, pour assurer une fonction de médiation entre recherche et paysans. Passant en "vulgarisation", les résultats de recherche deviennent des recettes standardisées, incapables de rendre compte de la diversité des situations concrètes.

Face à cela, l'établissement de liens directs entre la recherche et les producteurs apparaît comme une solution prometteuse, d'autant que des nombreuses organisations paysannes se constituent, qui peuvent être des interlocuteurs. La "recherche participative", la restitution aux producteurs, deviennent le mot d'ordre, dans que les méthodologies soient très claires, les façons de travailler ensemble précisées (cf. le symposium "recherches système en agriculture, Montpellier, novembre 1994).

Outre les problèmes institutionnels, un des enjeux majeurs est lié aux questions de communication entre paysans et techniciens. Comment "traduire" des résultats de recherche d'une façon accessible aux paysans, et inversement, "traduire" les problèmes des paysans en questions de recherche ? quels supports de communication utiliser, etc. ? La confrontation des savoirs techniques et des savoirs paysans ne met pas en jeu que des questions de langue, mais aussi des logiques économiques, des concepts, des catégories de pensée, des critères, bref, des systèmes de connaissance, qui ont chacun leur logique et leurs règles (Darré, 1985, Olivier de Sardan, 1991).

Alors que la mise à disposition des résultats de la recherche a longtemps été vu comme le "transfert" de schémas techniques standard, dans une démarche descendante, les acquis récents en matière de systèmes agraires et de sciences sociales appliquées au développement convergent pour montrer qu'il s'agit en fait d'une question de "dialogue", de communication, entre des acteurs porteurs de logiques techniques et économiques, et de systèmes de connaissances différents, et qui demande d'élaborer des méthodologie et des outils opérationnels spécifiques (Darré, 1994).

Bien qu'elle soit insuffisamment utilisée, l'analyse des logiques paysannes est aujourd'hui relativement bien rodée. Cependant, on reconnaît aujourd'hui seulement que la façon de transférer les résultats de recherche est un objet de recherche en soi. Mieux comprendre la façon dont les paysans traduisent et réinterprètent ces résultats en fonction de leurs propres catégories, la façon dont se jouent les jeux d'acteurs autour des lieux de confrontation (casseis, réunions de restitution, enquêtes, etc.) peut utilement contribuer à améliorer le rôle de la recherche dans les dynamiques paysannes de changement technique. Bien plus, comprendre la façon dont les paysans évaluent les propositions techniques qui leurs sont faites est un bon moyen de saisir leurs critères de jugement et les contraintes réelles qui se posent à eux, et peut ainsi permettre de mieux orienter les programmes de recherche.

La baisse de fertilité des terres dans les périmètres irrigués de la vallée du fleuve Sénégal

Dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, l'irrigation et la riziculture ont été introduits il y a une vingtaine d'années. Les paysans haaloular ont rapidement acquis une maîtrise technique certaine, obtenant, lorsqu'ils sont en conditions techniques et économiques favorables, des rendements élevés (de l'ordre de 5 t/ha en moyenne, avec des pointes à plus de 8 t/ha), réagissant aux conditions de prix, de risque, etc. Pour autant, les risques liés à la riziculture restent élevés. De plus, on note une tendance à la baisse de la productivité des terres, liée à différents problèmes agronomiques, en particulier de salinisation/alcalinisation des terres, qui peut se révéler très grave à moyen terme pour le devenir des aménagements.

Ciblées sur un itinéraire technique intensif standard, les recommandations techniques de l'encadrement n'apportent pas de réponse aux questions concrètes que se posent les paysans, qui cherchent en permanence à améliorer leurs rendements et à réduire leurs coûts. Du fait des multiples contraintes auxquelles ils sont soumis, les conseillers agricoles n'ont ni le temps, ni les moyens de répondre à ces questions, et de rechercher des solutions à proposer aux producteurs.

Or, sur ces problèmes techniques, des recherches sont en cours (en particulier avec le programme ISRA/ORSTOM sur la moyenne vallée) qui ont permis d'identifier les mécanismes physico-chimiques

de dégradation des sols, et qui testent des solutions techniques compatibles avec les systèmes de production paysans (contrainte en travail, etc.). Dans le cadre de ces programmes, des expérimentations en milieu paysan sont réalisées.

Sur la gestion de l'eau, sur l'organisation du travail, sur les techniques de travail du sol, l'équipe des chercheurs travaille dans l'optique de produire des résultats opérationnels, c'est-à-dire qui prennent en compte les contraintes concrètes des paysans, et est en train d'obtenir des résultats susceptibles de répondre à certaines des questions des paysans. Certaines organisations paysannes de la région sont d'ailleurs intéressées par ces travaux et lui ont demandé des restitutions. Mais l'équipe se demande comment transmettre ces résultats, et souhaite un travail sur ce thème.

Outre l'enjeu que représente ces travaux de recherche pour l'avenir de la riziculture dans la vallée, cette convergence entre une équipe de recherche et des demandes paysannes constitue une configuration particulièrement riche pour travailler sur la mise à disposition des résultats de recherche et sur les relations entre recherche et organisations paysannes.

Systèmes de connaissance, et appropriation de l'information technique : un programme de recherche, en étroite articulation avec des recherches thématiques et les questions des organisations paysannes

Mais la mise à disposition des résultats de recherche n'est pas qu'un problème institutionnel, qui se régle par l'organisation de séminaires annuels de restitution, ou l'établissement de contrats avec les organisations paysannes (encore que ce soit un des aspects de la question). Bien en amont, cette question renvoie directement à ce que DARRE appelle les systèmes de connaissances des paysans, c'est-à-dire à leurs catégories conceptuelles, leurs représentations sur la technique, leurs critères de jugement, leurs interprétations des phénomènes, etc. et à la question de la confrontation des savoirs techniques et des savoirs paysans.

Les propositions techniques issues de la recherche ou de l'encadrement ne sont en effet qu'une des sources d'informations des paysans. Ils les évaluent et les réinterprètent en fonction de leurs propres logiques économiques, de leurs critères de jugement, de leurs propres représentations. Pour savoir comment les paysans interprètent un essai, il faut savoir quels sont les concepts utilisés en pular pour décrire ou juger le milieu, une culture, le déroulement d'une culture, les techniques culturales. Une partie des malentendus entre paysans et chercheurs provient sans doute de ce que, sans s'en rendre compte, ils ne parlent pas le même langage.

De plus, ces systèmes de connaissances sont dynamiques, et évoluant, d'où la question de savoir comment ils se construisent, évoluent, et se transmettent : rôles des réseaux sociaux dans la transmission de l'information, rôle de l'encadrement, jugement des paysans là-dessus, etc. En France, on a pu montrer l'existence de "groupes professionnels locaux" informels, au sein desquels se constituent les systèmes de connaissance, les critères de jugement, etc. : de tels réseaux fonctionnent-ils en pays haalpular ?

Alors que bien des efforts ont été déployés pour la vulgarisation, on ne sait toujours pas quelles sont les catégories de pensée utilisées par les paysans africains (et en particulier les paysans haalpular) pour juger leurs pratiques et le déroulement de la culture, on ne sait pas comment s'élaborent et se transmettent les systèmes de connaissance sur la riziculture irriguée, comment l'information technique est reçue et interprétée par les paysans.

Or, la façon dont les paysans construisent leurs systèmes de connaissances, et s'approprient l'information technique (en particulier celle qui provient des expérimentations de recherche) est un objet de recherche à part entière, préalable, pour réfléchir ensuite sur les façons de communiquer les résultats de la recherche.

C'est dans cette perspective qu'il paraît intéressant - et utile - d'analyser la perception par les paysans des essais et des restitutions organisées par la recherche (analyser le processus d'interaction qui se crée à ce moment-là, étudier qui vient aux réunions, analyser les dialogues et les prises de parole en cours de réunion, faire des entretiens avec les personnes qui ont assisté aux réunions pour comprendre ce qu'ils ont perçu, etc.), et aussi, en fonction de ces résultats, d'expérimenter sur la façon de communiquer (que faut-il dire, et comment le dire, pour que le message que la recherche

veut transmettre soit perçu comme tel, pour minimiser le "brouillage" lié à la différence des catégories utilisées et des critères de jugement, pour permettre aussi aux problèmes des paysans d'être traduits en questions de recherche).

Cette recherche de sciences sociales sera conduite par un allocataire de recherche, en collaboration avec l'équipe ORSTOM, et avec les sociologues de l'ISRA. Elle s'appuiera sur les acquis récents sur les systèmes de connaissances et les groupes professionnels locaux (et en particulier les travaux du GERDAL, pour la France, et de l'Université d'Hohenheim (Allemagne) pour le Bénin), et sur la confrontations de logiques d'acteurs et de savoirs (dans la lignée des travaux de l'Association euro-africaine pour l'anthropologie du changement social et du développement, APAD), et bénéficiera d'un appui scientifique de la part du GRET. Des missions d'appui du CNEARC et du GERDAL sont également envisagées. Ce programme s'inscrit de plus (selon des modalités qui restent à préciser) dans le cadre du pôle CORAF de recherches sur les systèmes irrigués.

La recherche consistera à:

- analyser les représentations des paysans sur les systèmes de culture et la conduite des cultures en impuré, en identifiant les concepts utilisés et les critères de jugement.
- identifier la façon dont les systèmes de connaissance s'élaborent, évoluent et se transmettent, et évaluer le rôle de l'information technique dans la dynamique des systèmes de connaissance
- analyser les processus d'interaction sociale qui se jouent autour des confrontations entre techniciens et paysans, et en particulier lors des restitutions de résultats de recherche, et la façon dont ces expérimentations et ces résultats sont perçus par les paysans.
- proposer et expérimenter sur cette base des outils de communications facilitant la réappropriation des résultats par les paysans, mais aussi la prise en compte par la recherche des critères paysans d'évaluation, et évaluer leur impact.
- réfléchir et faire des propositions sur le rôle que peuvent jouer les organisations paysannes dans le conseil technique aux paysans, et les modalités de collaboration avec la recherche.

Il s'agit d'une recherche de sciences sociales, faisant appel aux méthodes de l'anthropologie (travail dans la durée, observation participante, entretiens approfondis, analyse du discours et des conceptions locales, etc.) comme à ses concepts. Vu le sujet, il sera indispensable de travailler essentiellement en pular, et la présence permanente d'un interprète est nécessaire. Certains aspects du travail (en particulier ce qui concerne le rôle des différenciations sociales propres à la société haalpulaar dans la légitimation des pratiques) seront confiées à des étudiants sénégalais.

Outre leurs applications directes dans la vallée du fleuve, ces travaux fourniront une contribution importante aux réflexions sur les systèmes de vulgarisation et les liens entre recherche et paysans, face aux défis auxquelles sont confrontés les agricultures africaines.